

ISBN : 978-602-9188-29-5

**POPULASI *Fusarium oxysporum f.sp. cepae*,
INTENSITAS PENYAKIT MOLER, DAN HASIL
UMBI BAWANG MERAH DI TIGA DAERAH
SENTRA PRODUKSI**

Oleh:
Dr. Ir. Sri Wiyatiningsih, M.P.

UPN Press

Dr. Ir. Sri Wiyatiningsih, M.P

**POPULASI *FUSARIUM OXYSPORUM F.SP. CEPAE*,
INTENSITAS PENYAKIT MOLER, DAN HASIL UMBI
BAWANG MERAH DI TIGA DAERAH SENTRA
PRODUKSI**

UPN
PRESS

**POPULASI *FUSARIUM OXYSPORUM F.SP. CEPAE*,
INTENSITAS PENYAKIT MOLER, DAN HASIL UMBI
BAWANG MERAH DI TIGA DAERAH SENTRA PRODUKSI**

Hak Cipta © pada Penulis, hak penerbitan ada pada Penerbit UPN
University Press

Penulis : Dr.Ir. Sri Wiyatiningsih, M.P.
Diset dengan : MS – Word Font Time New Roman 11 pt
Halaman Isi : 68
Ukuran Buku : 16.5 x 23 cm
Cetakan I : 2011
Perancang Sampul : Santoso, SE

Penerbit : UPN University Press
Jl. Raya Rungkut Madya – Gunung Anyar
Surabaya, 60294.
Telp. (031) 8706369

ISBN : 978-602-9188-29-5

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan buku ini. Buku ini disusun sebagai hasil rangkuman pemikiran dari berbagai hasil-hasil penelitian tentang epidemi penyakit moler yang akhir-akhir ini sering terjadi di lahan pertanian bawang merah di daerah-daerah sentra produksi.

Buku ini disusun guna memberikan pemahaman tentang bagaimana hubungan antara peningkatan populasi *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* dan peningkatan intensitas penyakit moler dengan penurunan hasil umbi. Buku ini di mulai dari penjelasan mengenai sifat dan perkembangan populasi patogen penyebab penyakit moler dalam interaksinya dengan populasi tanaman bawang merah, diikuti dengan peningkatan intensitas penyakit moler dan penurunan hasil umbi dalam lingkungan dan jangka waktu tertentu.

Buku ini dapat diselesaikan atas bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang tinggi kepada semua pihak atas segala saran dan masukan yang diberikan demi kesempurnaan buku ini. Akhirnya penulis berharap semoga semua informasi di dalam buku ini bermanfaat.

Surabaya, Pebruari 2011

Penulis

DAFTAR ISI

	halaman
PRAKATA	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PERMASALAHAN PENINGKATAN INTENSITAS PENYAKIT MOLER DAN PENURUNAN HASIL UMBI DI LAHAN PERTANAMAN BAWANG MERAH	1
II. PRODUKSI BAWANG MERAH DI TIGA DAERAH SENTRA ...	5
III. <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> PENYEBAB PENYAKIT MOLER	9
IV. KAJIAN POPULASI <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> DAN INTENSITAS PENYAKIT MOLER	14
1. Kajian Populasi <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> di Dalam Tanah	14
2. Kajian Intensitas Penyakit Moler	17
V. PENINGKATAN INTENSITAS PENYAKIT MOLER DAN POPULASI <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i>	22
1. Intensitas Penyakit Moler	22
2. Morfologi <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i>	26
3. Populasi <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> di dalam tanah ..	29
VI. PENURUNAN HASIL UMBI LAPIS KARENA PENINGKATAN INTENSITAS PENYAKIT MOLER DAN POPULASI <i>Fusarium</i> <i>oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i>	38
1. Hasil Umbi Lapis bawang merah	38

2. Hubungan antara Hasil Umbi Lapis Bawang Merah dengan Intensitas Penyakit Moler	41
VII. POPULASI <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> PADA UMBI BENIH DAN PERANNYA SEBAGAI SUMBER PENULAR	46
1. Kajian Peran Benih Bawang Merah sebagai Sumber Penular	46
2. Hasil Uji Benih.....	49
3. Hasil Isolasi Benih Bawang Merah	51
VIII. UPAYA MENEKAN PENINGKATAN POPULASI <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> DAN INTENSITAS PENYAKIT MOLER.....	55
1. Peningkatan Populasi <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> dan Intensitas Penyakit Moler sebagai Faktor-faktor Pembatas Produksi Bawang Merah.....	55
2. Penerapan Pengelolaan Kesehatan Tanaman	56
IX. KESIMPULAN DAN SARAN	61
DAFTAR PUSTAKA.....	64

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 1. Luas tanam, produksi, dan produktivitas bawang merah tahun 2005 di beberapa provinsi di Indonesia	4
Tabel 2. Intensitas penyakit moler pada beberapa kultivar bawang merah berumur 50 hari yang ditanam di 4 lahan yang memiliki jenis tanah berbeda pada musim hujan dan kemarau	17
Tabel 3. Populasi <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> di dalam tanah pertanaman bawang merah di beberapa lahan pada musim hujan	24
Tabel 4. Populasi <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> di dalam tanah pertanaman bawang merah di beberapa lahan pada musim kemarau	25
Tabel 5. Populasi awal (sebelum tanam) <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp <i>cepae</i> di dalam tanah di beberapa lahan percobaan	26
Tabel 6. Hasil umbi lapis kering 6 kultivar bawang merah yang ditanam di 4 lahan yang memiliki jenis tanah berbeda pada musim hujan dan kemarau	30
Tabel 7. Persamaan regresi yang menunjukkan hubungan antara intensitas penyakit moler dan hasil umbi lapis kering bawang merah yang ditanam di 4 lahan pada musim hujan dan kemarau.....	33
Tabel 8. Persamaan regresi yang menunjukkan hubungan antara intensitas penyakit moler dan hasil umbi lapis kering bawang merah kultivar Pilip, Bauji, Tiron, Biru, Kuning, dan Bima di semua lahan pada musim hujan dan kemarau	34
Tabel 9. Persentase tanaman bawang merah bergejala penyakit moler dari kultivar tiron dan bauji yang ditanam pada tanah Regosol dan Vertisol dengan perlakuan sterilisasi dan penggunaan fungisida	39
Tabel 10. Keberadaan <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> di dalam jaringan umbi benih bawang merah	40

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1. Gejala penyakit moler pada bawang merah kultivar Pilip berumur 35 hari.....	7
Gambar 2. Kerusakan beberapa kultivar bawang merah karena penyakit moler	18
Gambar 3. Morfologi makorokonidium, mikrokonidium, dan klamidospora <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cepae</i>	21
Gambar 4. Pembentukan mikrokonidium <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cepae</i> pada monofialid	22
Gambar 5. Populasi <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp <i>cepae</i> di dalam tanah di lahan percobaan pada musim hujan dan kemarau	27
Gambar 6. Perkembangan populasi <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp <i>cepae</i> di dalam tanah di lahan pasir Bantul, sawah Bantul, sawah Brebes, dan sawah Nganjuk pada musim hujan dan kemarau	28
Gambar 7. Hasil umbi lapis bawang merah basah dan kering yang ditanam di lahan pasir Bantul, lahan sawah Bantul, lahan sawah Brebes, dan lahan sawah Nganjuk pada musim hujan dan musim kemarau	32
Gambar 8. Tanaman bawang merah kultivar Biru sehat dan bergejala moler, serta kultivar Tiron sehat dan bergejala moler berumur 29 hari	38
Gambar 9. Panen bawang merah di lahan pasir Bantul pada musim kemarau	41

I. PERMASALAHAN PENINGKATAN INTENSITAS PENYAKIT MOLER DAN PENURUNAN HASIL UMBI DI LAHAN PERTANAMAN BAWANG MERAH

Produktivitas bawang merah baru mencapai 8,76 ton/ha, lebih rendah daripada hasil penelitian yaitu di atas 10 ton/ha. Penyebab utama rendahnya produktivitas adalah gangguan hama, penyakit, dan penggunaan benih yang kurang bermutu. Gangguan hama dan penyakit merupakan kendala utama baik di pertanaman maupun di gudang.

Salah satu penyakit penting pada bawang merah yang akhir-akhir ini menimbulkan banyak kerugian di beberapa sentra produksi adalah penyakit moler. Penyakit moler yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* (Hanz.) Snyd. & Hans sering terdapat di pertanaman, dan menurut laporan petani telah menimbulkan kerusakan dan menurunkan hasil umbi lapis hingga 50% (Wiyatiningsih, 2002).

Wiyatiningsih (2002) juga melaporkan bahwa penyakit moler lebih banyak ditemukan di pertanaman bawang merah di daerah Nganjuk Jawa Timur dibandingkan di daerah Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta. Hal ini diduga karena adanya perbedaan kondisi lingkungan di kedua daerah tersebut. Kondisi lingkungan yang dimaksud adalah jenis tanah, pola pergiliran tanaman, dan iklim. Daerah sentra produksi bawang merah di Nganjuk Jawa Timur mempunyai jenis tanah Vertisol, sedangkan Bantul mempunyai jenis tanah Regosol.

Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa petani di berbagai daerah sentra produksi, ada yang sepanjang tahun menanam bawang merah, namun ada pula yang melakukan pergiliran dengan komoditas lain, seperti misalnya padi. Penyakit moler lebih banyak ditemukan di lahan yang sepanjang musim ditanami bawang merah, tanpa pergiliran tanaman.

Rabinowitch & Brewster (1990) menyatakan bahwa tingkat keparahan penyakit busuk umbi pada bawang bombay yang juga disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* berhubungan dengan populasi patogen tersebut di dalam tanah. Penyakit moler banyak terjadi di pertanaman yang benihnya berupa umbi lapis yang berasal dari tanaman di lahan pertanaman

sebelumnya yang terdapat penyakit moler, meskipun umbi lapis tersebut dipilih dari tanaman yang tidak menunjukkan gejala moler.

Upaya pengendalian penyakit moler pada bawang merah yang selama ini dilakukan hanyalah dengan mengumpulkan dan memusnahkan tanaman sakit, serta penggunaan kultivar yang diduga tahan. Setiap daerah sentra produksi menggunakan kultivar yang berbeda-beda. Upaya lain pencegahan dan pengendalian penyakit moler belum dapat dilakukan dengan tepat karena informasi mengenai agihan penyakit dan unsur-unsur yang mempengaruhi perkembangan penyakit di pertanaman yang tergabung dalam gatra epidemi penyakit ini belum banyak diketahui. Penyakit tanaman dikelola dengan menghilangkan atau mengurangi sumber penular, menurunkan kecepatan penularan atau laju infeksi, dan mengurangi lama penyakit berkembang. Secara epidemiologi diusahakan agar X_0 (populasi patogen pada permulaan), r (laju infeksi), dan t (waktu berkembangnya penyakit) dalam rumus epidemiologi van der Plank ditekan sekecil-kecilnya.

Untuk itu telah dikaji hubungan populasi *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* dengan perkembangan penyakit moler pada bawang merah melalui parameter intensitas penyakit dan hasil umbi bawang merah di lahan yang berbeda jenis tanah, pola pergiliran tanaman, dan cuacanya, dalam hal ini di tiga daerah sentra produksi yaitu di Kabupaten Bantul Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, Kabupaten Brebes Provinsi Jawa Tengah, dan Kabupaten Nganjuk Provinsi Jawa Timur. Perlu dikaji pula peran umbi benih sebagai sumber penular penyakit moler.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka hasil penelitian ini merupakan kajian yang sangat penting, tentang sifat dan perkembangan populasi patogen penyebab penyakit moler dalam interaksinya dengan populasi tanaman bawang merah, dalam lingkungan dan jangka waktu tertentu. Interaksi antara populasi patogen dan populasi tanaman bawang merah yang menyebabkan perkembangan penyakit moler, diamati pada berbagai kultivar bawang merah yang ditanam di berbagai jenis tanah, pola pergiliran tanaman, serta cuaca pada musim hujan dan kemarau yang berbeda, dengan variabel pengamatan meliputi intensitas penyakit, dan hasil umbi lapis. Penelitian dilaksanakan pada masa tanam bawang merah selama musim hujan dan kemarau tahun 2005/2006.

Penelitian ini mengkaji pula peran umbi lapis sebagai benih bawang merah dari pertanaman sebelumnya sebagai sumber penular untuk pertanaman berikutnya.

Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai informasi dasar yang lebih tepat dan lengkap mengenai faktor-faktor yang mendukung terjadinya epidemi penyakit moler. Dengan demikian, dalam upaya pengelolaan penyakit moler, informasi tersebut dapat digunakan untuk menentukan komponen pengendalian yang sesuai dengan sifat patogen dan perkembangan penyakit moler.

II. PRODUKSI BAWANG MERAH DI TIGA DAERAH SENTRA

Bawang merah (*Allium cepa* L. var. *ascalonicum* Backer) telah lama dikenal sebagai obat tradisional dan penyedap makanan. Bawang merah merupakan komoditas unggulan dengan prospek permintaan pasar yang cukup baik, sehingga memegang peranan penting dalam perdagangan dan mendapat prioritas pengembangan (Anonim, 2004).

Menurut data asli dari Heyne tahun 1920, bawang merah telah dibudidayakan di Indonesia sejak tahun 1907. Pusat pertanaman dan daerah penyebarannya pada waktu itu adalah Cirebon, Brebes, Tegal, dan Kulonprogo (Heyne, 1987). Dalam perkembangan selanjutnya tanaman ini diusahakan hampir di seluruh Provinsi kecuali Riau, Bangka-Belitung, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Kalimantan Barat, dan Kalimantan Tengah (Anonim, 2005b).

Sentra produksi bawang merah di Jawa adalah Jawa Barat, Jawa Tengah, Daerah Istimewa Yogyakarta, dan Jawa Timur. Sentra produksi bawang merah di luar Jawa adalah Nangroe Aceh Darussalam, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Sulawesi Selatan, Bali, dan Nusa Tenggara Barat (Anonim, 2005b).

Luas tanam, produksi, dan produktivitas bawang merah tahun 2005 di beberapa provinsi yang merupakan daerah sentra produksi bawang merah di Indonesia, tertera dalam Tabel 1.

Tabel 1. Luas tanam, produksi, dan produktivitas bawang merah tahun 2005 di beberapa provinsi di Indonesia

Provinsi	Luas tanam (ha)	Produksi (ton)	Produktivitas (ton/ha)
Nanggroe Aceh Darussalam	1.061	7.856	7,40
Sumatera Utara	1.074	9.226	8,60
Sumatera Barat	2.059	19.118	9,30
Jawa Barat	12.653	118.795	9,40
Jawa Tengah	22.036	202.692	9,10
Daerah Istimewa Yogyakarta	2.219	21.444	9,60
Jawa Timur	25.531	233.098	9,20
Bali	10.136	86.293	8,50
Nusa Tenggara Barat	8.801	70.408	8,00
Sulawesi Selatan	2.381	12.081	5,10

Sumber: Anonim (2005b)

Menurut Sumarni & Rosliani (1995), bawang merah dapat tumbuh di dataran rendah sampai ketinggian 800 m di atas permukaan laut (dpl), namun pertumbuhan optimalnya terjadi di daerah 1 – 250 m dpl. Untuk menghasilkan umbi lapis, suhu yang cocok 25,0 – 30,0°C, kelembapan nisbi udara antara 80 – 90%, curah hujan 2.300 – 2.500 mm/tahun atau 100 – 200 mm/bulan, tanah gembur, subur, banyak mengandung bahan organik, cukup menyediakan air, aerasinya baik, tidak becek, dan pH berkisar 6,0 – 6,8.

Luas pertanaman bawang merah di Kabupaten Bantul pada tahun 2005 adalah 1.752 ha, dengan produksi sebanyak 16.931 ton. Pertanaman tersebut terletak di daerah dekat pantai dengan ketinggian tempat 1 – 50 m dpl. Suhu dan kelembapan udara rata-rata di daerah tersebut mencapai 25,0 – 31,6°C, dan 60 – 75%, sedangkan curah hujan sebesar 1.470 mm/tahun. Jenis tanah umumnya Regosol dengan pH 6,0 – 7,0. Pada 5 tahun terakhir penanaman bawang merah mulai banyak dilaksanakan di lahan pasir, seperti yang dilakukan para petani di daerah pesisir selatan Kabupaten Bantul (Anonim, 2005c).

Penanaman bawang merah di lahan pasir dapat berhasil dilakukan, namun memerlukan pupuk organik dan anorganik yang lebih banyak, pemulsaan, penyiraman yang lebih sering terutama pada musim kemarau, serta pemeliharaan yang intensif. Hal tersebut dikarenakan lahan pasir miskin hara dan bahan organik, sangat porus, suhu permukaan tanah tinggi, serta adanya tiupan angin kencang yang membawa partikel-partikel garam dapat berpengaruh kurang baik bagi pertumbuhan tanaman (Chalifah, 2003).

Produksi bawang merah di Kabupaten Nganjuk menempati urutan pertama di Jawa Timur, pada tahun 2005 ditanam pada luasan 5.859 ha, dengan produksi 50.563 ton. Pertanaman bawang merah di Kabupaten Nganjuk terletak di daerah dengan ketinggian tempat 50 – 100 m dpl, dengan suhu dan rerata kelembapan udara adalah 25 – 30°C dan 65 – 80%, serta curah hujan mencapai 1.876 mm/tahun. Jenis tanah Vertisol dengan pH 6,0 – 8,0 (Anonim, 2005d).

Kabupaten Brebes merupakan daerah sentra produksi bawang merah paling luas dibandingkan Bantul dan Nganjuk. Tahun 2005 luas pertanaman bawang merah mencapai 18.681 ha, dengan produksi 153.964 ton. Pertanaman bawang merah di Brebes terletak di daerah dengan ketinggian di bawah 100 m dpl. Curah hujan di daerah tersebut mencapai 2.342 mm/tahun. Jenis tanah umumnya Aluvial dengan pH 7,7 – 8,1 (Anonim, 2005e).

Jenis tanah Regosol umumnya mengandung bahan yang belum atau masih baru mengalami pelapukan, dengan tekstur kasar atau pasir, struktur kersai atau remah, dengan pH 6,0-7,0, porositasnya tinggi, dan belum membentuk agregat. Tanah Aluvial meliputi lahan yang sering atau baru saja mengalami banjir, sifat bahan-bahannya tergantung pada kekuatan banjir dan macam bahan yang diangkut. Jenis tanah Vertisol merupakan tanah lempung berwarna kelam yang bersifat fisik berat, struktur lapisan atas granuler, terdiri atas bahan-bahan yang sudah mengalami pelapukan, serta mengandung kapur, dengan pH 6,0-8,2 (Darmawijaya, 1980).

Dalam budidaya bawang merah, para petani sampai saat ini masih menggunakan benih berupa umbi lapis yang diambil dari pertanaman konsumsi tanpa menyeleksi lagi umbi lapis yang seharusnya cocok untuk benih, bahkan di beberapa tempat petani menggunakan bawang merah impor yang seharusnya untuk konsumsi. Benih yang digunakan para petani umumnya dari bawang merah yang ditanam turun menurun, sehingga produktivitasnya akan mengalami penyusutan. Produktivitas bawang merah yang seharusnya rata-rata mencapai di atas 10 ton/ha, hanya mampu mencapai 7 – 9 ton/ha. Penyediaan umbi benih unggul yang berkesinambungan masih sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan benih. Dalam rangka pengawasan mutu umbi lapis sebagai benih diperlukan adanya standar mutu yang dapat diterapkan di lapangan (Putrasamedja & Permadi, 2001; Anonim, 2004).

III. *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* PENYEBAB PENYAKIT MOLER

Menurut Duriat *et al.* (1995) penyakit moler merupakan layu *Fusarium* dengan gejala tanaman layu dengan cepat, akar tanaman busuk, tanaman seperti akan roboh, di pangkal umbi lapis terlihat koloni jamur keputih-putihan, dan warna daun kekuning-kuningan serta bentuknya agak melengkung. Namun, Wiyatiningsih (2002) menunjukkan bahwa gejala penyakit layu *Fusarium* dan penyakit moler berbeda. Gejala penyakit moler yaitu batang semu dan daun tumbuh lebih panjang dan meliuk, warna daun hijau pucat, namun tidak layu. Apabila tanaman sakit dicabut tampak umbi lapis lebih kecil dan lebih sedikit dibandingkan yang sehat, serta tidak tampak adanya pembusukan pada umbi lapis dan akar. Pada kondisi lanjut, tanaman menjadi kering dan mati.



Gambar 1. Gejala Penyakit Moler Pada Bawang Merah Kultivar Pilip Berumur 30 hari

Kuruppu (1999) menyatakan, pertama kali adanya suatu penyakit pada bawang merah (*Allium cepa* var. *ascalonicum*) yang menyebabkan kehilangan

hasil hingga 20-30% di beberapa lahan pertanian di Kalpitiya Peninsula Sri Lanka. Gejala penyakit meliputi klorosis diikuti daun mengeriting dan meliuk, dan pemanjangan yang tidak normal dari bagian batang semu yang mulai tampak setelah munculnya daun pertama dari umbi lapis, selanjutnya tanaman mati.

Wiyatiningsih (2002) melaporkan bahwa di lapangan gejala penyakit moler mulai tampak pada tanaman yang berumur lebih kurang 20 hari. Percobaan di rumah kaca menunjukkan bahwa penyakit moler mempunyai periode inkubasi 14 hari.

Kuruppu (1999) melaporkan, uji Postulat Koch pada bawang merah yang bergejala daun klorosis dan meliuk menunjukkan bahwa penyebabnya adalah *Fusarium oxysporum*. Menurut Lacy (1982) dan Joffe (1986), *F. oxysporum* yang menyerang bawang-bawangan adalah *F. oxysporum* f.sp. *cepae*. Wiyatiningsih (2002) dalam studinya tentang etiologi penyakit moler pada bawang merah membuktikan bahwa *F. oxysporum* f.sp. *cepae* merupakan penyebab penyakit moler.

F. oxysporum f.sp. *cepae* merupakan jamur penyebab penyakit layu dan busuk bagian korteks pada lebih dari 100 tanaman pertanian penting. *F. oxysporum* f.sp. *cepae* yang menyerang bawang bombay dikenal sebagai patogen terbawa tanah yang penting di Amerika Serikat. Serangan patogen tersebut pada berbagai kultivar bawang bombay dapat menurunkan hasil umbi lapis mulai dari 10% hingga lebih dari 50% (Lacy, 1982; Swift *et al.*, 2002).

F. oxysporum f.sp. *cepae* terpencair luas dalam tanah dan pada bahan organik, serta banyak terdapat di lahan pertanian di daerah tropika dan sub tropika. Sebagai jamur terbawa tanah, jamur ini mampu membentuk klamidospora sehingga dapat bertahan lama di dalam tanah. *F. oxysporum* f.sp. *cepae* diketahui sebagai patogen terbawa tanah yang sukar dikendalikan (Joffe, 1986; Hadisoeganda *et al.*, 1995; Havey, 1995).

F. oxysporum f.sp. *cepae* yang menyerang bawang-bawangan menginfeksi jaringan tanaman melalui penetrasi langsung ke bagian cakram umbi lapis, atau melalui luka-luka pada jaringan akar dan bagian dasar umbi lapis. Jamur tersebut menyebar melalui tanah yang mengandung propagul yang menempel pada peralatan tanam, sisa-sisa tanaman terinfeksi, umbi benih terinfeksi, atau aliran air (Cramer, 2006; Jepson, 2007).

Dalam rangka pengawasan mutu benih yang berhubungan dengan pengelolaan penyakit tanaman pada bawang merah, pemerintah mengeluarkan peraturan tentang standar mutu benih bawang merah melalui Surat Keputusan Dirjen Bina Produksi Hortikultura No. 04/H.050/3/2004 yang menyatakan, salah satu standar mutu benih bawang merah adalah mengenai penyakit gudang. Untuk parameter penyakit yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* kriteria standar mutu benih adalah intensitas penyakit untuk benih dasar 1%, benih pokok 3%, dan benih sebar 5% (Anonim, 2004).

Fusarium oxysporum yang mampu menyerang berbagai tanaman dapat tumbuh pada kisaran suhu 10–40°C, dengan suhu optimum untuk pertumbuhannya adalah 27–29°C. *F. oxysporum* f.sp *cepae* yang menyerang bawang bombay pada medium padat mempunyai kisaran suhu 9–35°C, dengan suhu optimum 24–27°C. Di lahan pertanaman bawang bombay, suhu tanah merupakan faktor penting yang mempengaruhi aktivitas *F. oxysporum* f.sp *cepae* serta tipe gejala dan kejadian penyakit. Pada umumnya tanaman mulai terinfeksi bila suhu tanah mendekati 25°C. Kejadian penyakit meningkat bila terjadi kerusakan jaringan tanaman karena suhu tinggi dan kekeringan (Rabinowitch & Brewster, 1990; Larkin & Fravel, 2002).

Menurut Rabinowitch & Brewster (1990), kejadian busuk basal *Fusarium* meningkat bila frekuensi penanaman bawang bombay tinggi. Oleh karena itu rotasi selama 3 tahun atau lebih telah direkomendasikan. Peningkatan kejadian penyakit diduga karena meningkatnya jumlah klamidospora yang dibentuk dari hifa atau makrokonidium di daerah perakaran atau di dalam jaringan inang yang terinfeksi. Benih tanaman yang terinfeksi meskipun tidak menunjukkan gejala, merupakan sumber dan bahan pemencaran yang potensial, begitu juga tanah yang menempel diduga mengandung konidium *Fusarium*. Dilaporkan pula, jamur *Fusarium oxysporum* dapat terbawa benih. Klamidospora dan hifa yang dorman yang berada pada jaringan tanaman yang mati dan di tanah, bertahan dari musim ke musim dan merupakan sumber inokulum bagi pertanaman berikutnya.

Penekanan secara alami penyakit tanaman karena *Fusarium* terjadi di banyak jenis tanah. Penekanan tersebut umumnya berhubungan dengan sifat fisika dan kimia tanah, seperti pH, kandungan lempung, dan kandungan bahan organik (Larkin & Fravel, 2002).

Penyakit moler terutama berkembang pada musim hujan dengan kondisi lingkungan yang lembap dan intensitas sinar matahari yang rendah. Penyakit juga banyak ditemukan di daerah-daerah yang mempunyai jenis tanah berat, juga pada lahan yang selalu ditanami bawang merah dengan benih yang berasal dari pertanaman sebelumnya yang menunjukkan gejala penyakit moler (Wiyatiningsih, 2002). Menurut Hartel (2005), jenis tanah dengan tekstur lempung berat umumnya mempunyai jumlah pori mikro tanah yang lebih banyak dibandingkan pori makro, yang menyebabkan pergerakan air dan gas di dalam tanah lebih lambat.

Wiyatiningsih (2002) melaporkan, petani di berbagai daerah sentra produksi, ada yang sepanjang tahun menanam bawang merah, namun ada pula yang melakukan pergiliran dengan komoditas lain seperti cabai, tomat, melon, atau padi. Penyakit moler lebih banyak ditemukan di lahan yang sepanjang musim ditanami bawang merah, tanpa pergiliran tanaman. Penyakit ini juga banyak ditemukan di lahan yang dilakukan pergiliran dengan cabai, tomat, dan melon, dan lebih sedikit ditemukan pada lahan yang dilakukan pergiliran dengan padi.

Terdapat beberapa patogen terbawa tanah yang berhasil dikendalikan dengan perendaman tanah, misalnya *Fusarium cubense* penyebab penyakit layu pada pisang di Amerika Tengah. Namun penyebab kematian patogen sebagai akibat perendaman itu disebabkan kekurangan oksigen, keracunan asam arang, atau karena menjadi lebih efektifnya antagonisme, belum diketahui dengan pasti (Semangun, 1996). Menurut Rao (1994), jamur tanah umumnya bersifat aerobik, dan dapat tumbuh dengan baik di tanah yang ketersediaan oksigennya cukup untuk respirasi.

IV. KAJIAN POPULASI *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* DAN INTENSITAS PENYAKIT MOLER

1. Kajian Populasi *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* di Dalam Tanah

Kajian populasi *F. oxysporum* f.sp. *cepae* dilakukan untuk mengetahui dinamika populasi jamur tersebut di dalam tanah selama musim tanam bawang merah, baik pada musim hujan maupun musim kemarau. Kajian ini juga untuk mengetahui hubungan antara populasi *F. oxysporum* f.sp. *cepae* di dalam tanah dengan intensitas dan laju infeksi penyakit moler. Kajian dilakukan dengan cara menghitung propagul jamur tersebut di dalam tanah, namun sebelumnya dilakukan isolasi dan identifikasi jamur untuk memastikan sifat morfologi dan ciri-ciri koloni jamur.

a. Pembuatan biakan murni jamur. Kegiatan ini dilakukan untuk mendapatkan biakan murni patogen penyakit moler dari jaringan tanaman sakit. Isolasi dilakukan dengan metode pengimbasan sporulasi (Tuite, 1969). Seluruh bagian tanaman sakit dibersihkan dan didesinfeksi dengan etanol 70%, kemudian dipotong-potong sepanjang 0,5 cm secara aseptis dan diletakkan pada kertas saring steril di dalam cawan petri steril berdiameter 3 cm. Medium Komada (Lampiran 2) yang masih panas dan cair dalam tabung reaksi dituang ke dalam cawan petri setelah dingin dan padat, potongan-potongan jaringan tanaman sakit ditaruh di atasnya secara aseptis, cawan petri ditutup dan diinkubasikan pada suhu kamar (28-30°C) selama 3 hari. Setelah 3 hari, diamati koloni jamur yang tumbuh. Medium Komada digunakan karena merupakan medium selektif untuk *Fusarium oxysporum* (Windels, 1981; Wakman, 2004; Leslie & Summerell, 2006). Jamur yang tumbuh dipindah pada medium *PDA* dalam cawan petri steril dengan cara isolasi spora tunggal, dan dilakukan berulang kali sampai diperoleh biakan murni jamur, kemudian diamati secara makroskopis dan mikroskopis dengan mikroskop *Olympus CX31*.

b. Identifikasi isolat jamur. Kegiatan ini dilakukan untuk memastikan jamur hasil isolasi pada butir a, merupakan patogen penyakit moler sesuai hasil penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa *Fusarium oxysporum* f.sp *cepae* merupakan patogen penyebab penyakit moler (Wiyatiningsih, 2002). Identifikasi terhadap jamur hasil isolasi dilakukan dengan mengamati morfologi koloni dan morfologi mikroskopis jamur yang telah ditumbuhkan pada medium *Carnation Leaf-piece Agar (CLA)* dalam cawan Petri (Leslie & Summerell, 2006; Baharuddin Salleh, komunikasi pribadi). Jamur yang tumbuh pada potongan daun anyelir pada medium *CLA* dalam cawan Petri diamati secara mikroskopis. Pada potongan daun anyelir jamur akan membentuk sporodokium yang merupakan badan buah pembentuk makrokonidium. Selain itu juga dibuat preparat semipermanen dengan cara mengambil sedikit koloni jamur dan meletakkannya pada gelas benda bersih yang telah ditetesi pewarna *lactophenol cotton blue* secara aseptis. Koloni dalam tetes pewarna kemudian ditutup dengan gelas penutup dan direkatkan dengan cat kuku. Jamur pada preparat diamati dan digambar morfologinya dengan mikroskop *Olympus CX31*, mikrometer 0,01 mm, dan prisma gambar. Hasil pengamatan dijadikan dasar identifikasi morfologis jamur-jamur yang akan diisolasi dari tanah untuk dihitung kepadatan populasinya, dengan mengacu pada sifat-sifat morfologi jamur dalam pustaka.

Sifat-sifat morfologis *F. oxysporum* yang digunakan sebagai acuan adalah a) kenampakan koloni seperti kapas, b) warna koloni putih keunguan, c) laju pertumbuhan koloni pada medium agar cepat yaitu 2-5 cm setelah 4 hari, d) mikrokonidium terbentuk dalam susunan seperti bulatan (*false head*) dengan sel konidiogen (konidiofor) pendek, monofialid, berbentuk silindris sampai elips terdiri satu atau dua sel, e) makrokonidium terbentuk pada miselium udara atau sporodokium, monofialid, bentuk seperti bulan sabit atau kano, terdiri dari beberapa sel yang dipisahkan oleh 3 septa atau lebih, mempunyai sel kaki pada bagian pangkal, dan sel berbentuk kait yang ramping pada bagian ujung, f) pembentukan klamidospora : selalu ada, baik secara terminal maupun interkalar pada cabang lateral pendek dari miselium (Booth, 1971; Joffe, 1986, Leslie & Summerell, 2006).

c. Penghitungan populasi propagul *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* dalam tanah

Penghitungan ini dilakukan untuk mengetahui populasi *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* di dalam tanah dari lahan untuk kajian perkembangan penyakit moler pada berbagai kultivar bawang merah. Tanah di sekitar perakaran tanaman yang terinfeksi sedalam 10 cm, diambil sebagai sampel sebanyak 1 kg kemudian dicampur hingga homogen. Pengambilan sampel tanah untuk penghitungan populasi propagul dilakukan 5 kali, yaitu mulai sebelum tanam, 3 minggu setelah tanam (saat gejala penyakit muncul), 2 minggu setelah gejala muncul, 4 minggu setelah gejala muncul, dan 1 minggu setelah panen. Penghitungan kepadatan propagul jamur patogen dilakukan dengan metode pengenceran. Tanah sampel sebanyak 100 g dicampur hingga homogen, diambil 1 g sebanyak 3 kali sebagai ulangan, kemudian setiap gram tanah tersebut dimasukkan ke dalam tabung reaksi steril yang berisi 9 ml air steril dan digojok hingga homogen. Suspensi tersebut diencerkan hingga 10^{-5} , dengan cara mengambil 1 ml suspensi dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 ml air steril dan digojok hingga homogen. Langkah pengenceran ini diulang hingga 5 kali. Suspensi hasil pengenceran terakhir diambil 1 ml dan dituang secara merata pada medium Komada padat dalam cawan petri steril berdiameter 9 cm, diinkubasikan selama 24–48 jam, kemudian dihitung kepadatan koloni jamur yang tumbuh dengan cara menjumlah koloni jamur pada setiap cawan Petri dikalikan faktor pengenceran (10^5) maka diperoleh jumlah koloni per gram tanah (Johnson & Curl, 1972).

2. Kajian Intensitas Penyakit Moler

Kajian intensitas penyakit moler di lahan dilakukan untuk mengetahui hubungan antara intensitas penyakit dengan hasil umbi lapis berbagai kultivar bawang merah pada jenis tanah, pola pergiliran tanaman, dan cuaca musim hujan dan kemarau yang berbeda. Pada kajian ini yang diamati adalah cuaca bukan iklim, karena data anasir-anasirnya seperti suhu udara, kelembapan udara, suhu tanah, dan curah hujan merupakan data harian. Kajian ini dilakukan dengan cara menanam beberapa kultivar bawang merah di

lahan yang jenis tanah dan pola pergiliran tanamannya berbeda yaitu di lahan pasir dan lahan sawah Bantul, lahan sawah Brebes, serta lahan sawah Nganjuk. Percobaan dilakukan pada musim hujan dan musim kemarau. Pada kajian ini inokulasi dilakukan secara alami, yaitu dengan menggunakan lahan yang telah diketahui mempunyai intensitas penyakit moler yang tinggi berdasarkan hasil survei sebelumnya di 3 daerah tersebut.

Percobaan dalam kajian epidemi penyakit moler menggunakan rancangan bujur sangkar latin faktor tunggal dengan enam kultivar bawang merah yang diuji, masing-masing diulangi 6 kali. Kultivar-kultivar yang diuji adalah Pilip (PI), Bauji (Bj), Tiron (Tr), Biru (Br), Kuning (Kn) dan Bima (Bm). Masing-masing ulangan ditempatkan pada satu petak yang terdiri atas 100 tanaman dengan jarak tanam 20 x 20 cm. Lahan yang digunakan dalam kajian ini adalah:

a. Lahan pasir yang terletak di Desa Tegalrejo Kecamatan Sanden, Kabupaten Bantul, dengan ketinggian tempat 10 m dpl. Lahan ini memiliki jenis tanah Regosol bukit pasir dengan kelas tekstur pasir (96,48% pasir; 2,51% lempung; 1,01% debu), pH: 6,6, kadar lengas: 0,50%, kandungan bahan organik: 0,61%, dan porositas total tanah: 51,97%. Pola pergiliran tanamannya yaitu: Semangka/Sayuran lain–Bawang Merah–Bawang Merah yang ditumpangsari Cabai–Bawang Merah (Pola A). Sayuran lain yang dimaksud adalah kacang panjang, labu siam, dan terung. Percobaan dilakukan pada musim hujan (MH) dan musim kemarau (MK), masing-masing pada tanggal 23 Februari sampai dengan 23 April 2005, dan 1 Juli sampai dengan 29 Agustus 2005.

b. Lahan sawah yang berada di Desa Soge Kecamatan Sanden, Kabupaten Bantul, dengan ketinggian tempat 40 m dpl. Lahan ini berjenis tanah Regosol *Recent Deposits* dengan kelas tekstur lempung (57,03% lempung; 29,21% debu; 13,76% pasir), pH: 6,3, kadar lengas: 10,04%, kandungan bahan organik: 1,77%, dan porositas total tanah: 42,78%. Pola pergiliran tanamannya yaitu: Padi–Bawang Merah ditumpangsari dengan Cabai–Bawang Merah (Pola B). Percobaan dilakukan pada musim hujan (MH) tanggal 10 Maret sampai dengan 8 Mei 2005, dan musim kemarau (MK) 25 Juli sampai dengan 22 September 2005.

c. Lahan sawah yang terdapat di Desa Larangan Kecamatan Larangan,

Kabupaten Brebes, dengan ketinggian tempat 100 m dpl (C), dan berjenis tanah Aluvial, dengan kelas tekstur lempung berat (60,33% lempung; 33,92% debu; 5,75% pasir), pH: 6,3, kadar lengas: 10,56%, kandungan bahan organik: 2,38%, dan porositas total tanah: 40,39%. Pola pergiliran tanaman yaitu: Padi–Bawang Merah–Bawang Merah–Bawang Merah (Pola C1). Percobaan dilakukan pada musim hujan (MH) dan kemarau (MK), masing-masing pada tanggal 3 April sampai dengan 22 Mei 2005, dan 20 Juli sampai dengan 15 September 2005.

d. Lahan Sawah yang terletak di Desa Gerung Kecamatan Sukomoro, Kabupaten Nganjuk, dengan ketinggian tempat 100 m dpl. Lahan ini berjenis tanah Vertisol dengan kelas tekstur lempung berat (70,93% lempung; 28,15% debu; 0,92% pasir), pH: 5,1, kadar lengas: 12,29%, kandungan bahan organik: 2,26%, dan porositas total tanah: 38,70%. Pola pergiliran tanamannya yaitu: Sayuran/Melon–Bawang Merah–Bawang Merah–Bawang Merah (Pola D3). Percobaan dilakukan pada musim kemarau (MK) tanggal 15 Juli sampai dengan 15 September 2005, dan musim hujan (MH) tanggal 12 Januari sampai dengan 12 Maret 2006.

Sebelum percobaan dimulai, dilakukan pengolahan tanah, pemupukan dasar, dan penanaman. Pemeliharaan tanaman dilakukan bersamaan dengan pelaksanaan percobaan. Cara bercocok tanam mengikuti cara petani setempat. Benih berupa umbi lapis yang digunakan berasal dari pedagang benih yang ada di masing-masing daerah sentra produksi, yang mengumpulkan dari hasil panen petani setempat. Hasil umbi lapis yang diperoleh pada musim hujan digunakan sebagai umbi benih pada musim kemarau berikutnya, setelah disimpan selama lebih kurang 3 bulan.

Variabel pengamatan meliputi:

- a. Intensitas penyakit, diamati setiap minggu sejak munculnya gejala sampai menjelang panen. Berdasarkan sifat penyakit yang sistemik maka intensitas penyakit dihitung dengan rumus:

$$I = \frac{a}{b} \times 100\%$$

Keterangan:

I: Intensitas penyakit

a: Jumlah tanaman sakit

b: Jumlah tanaman seluruhnya

Untuk menilai berat ringan Intensitas Penyakit (pada Pengelolaan lapangan) digunakan skala menurut Anonim (2004) sebagai berikut :

Serangan ringan : bila derajat intensitas penyakit $\leq 25\%$

Serangan sedang : bila derajat intensitas penyakit $> 25\% - \leq 50\%$

Serangan berat : bila derajat intensitas penyakit $> 50\% - \leq 90\%$

Serangan puso : bila derajat intensitas penyakit $> 90\%$

- b. Hasil umbi lapis dari setiap 100 tanaman bawang merah. Data hasil umbi lapis yang diperoleh dibedakan menjadi hasil umbi lapis basah dan umbi lapis kering. Hasil umbi lapis basah diperoleh dengan cara menimbang umbi lapis dari setiap 100 tanaman setelah dicabut dan dibersihkan tanahnya, sedangkan hasil umbi lapis kering diperoleh dengan cara umbi lapis yang telah dicabut dan dibersihkan tanahnya dijemur terlebih dahulu selama 1 minggu baru ditimbang. Penimbangan dilakukan dengan timbangan kapasitas 20 kg.

V. PENINGKATAN INTENSITAS PENYAKIT MOLER DAN POPULASI

Fusarium oxysporum f.sp. *cepae*

1. Intensitas Penyakit Moler

Intensitas penyakit moler pada 6 kultivar bawang merah berumur 50 hari yang ditanam di 4 lahan pengujian pada musim hujan dan kemarau tahun 2005/2006 ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Intensitas penyakit moler pada 6 kultivar bawang merah berumur 50 hari yang ditanam di 4 lahan yang memiliki jenis tanah berbeda pada musim hujan dan kemarau

Musim	Kultivar	Rerata intensitas penyakit moler (%)			
		Lahan pasir Bantul Regosol	Lahan sawah Bantul Regosol	Lahan sawah Brebes Aluvial	Lahan sawah Nganjuk Vertisol
Hujan	Pilip	31,84 f	46,38 cd	33,39 f	74,47 a
	Bauji	31,39 f	51,07 c	40,92 de	61,06 b
	Tiron	11,10 jklmno	10,12 klmnop	8,58 lmnopq	36,23 ef
	Biru	35,45 ef	59,98 b	19,33 ghij	77,90 a
	Kuning	17,52 ghijk	19,34 ghij	23,61 gh	61,50 b
	Bima	23,45 gh	20,16 ghi	23,07 g	49,24 c
Kemarau	Pilip	12,56 ijklmn	4,32 nopq	3,41 opq	15,73 ghijklm
	Bauji	19,90 ghi	4,50 nopq	5,03 nopq	19,16 ghij
	Tiron	7,61 mnopq	2,11 pq	0,29 q	14,48 ijklm
	Biru	15,11 hijklm	2,50 pq	4,32 nopq	17,66 ghijk
	Kuning	10,99 jklmno	6,32 nopq	1,60 q	16,24 ghijkl
	Bima	14,53 ijklm	2,50 p	0,29 q	17,11 ghijk

Keterangan:

Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji jarak ganda Duncan

Rerata intensitas penyakit tertinggi 77,90% dan 74,47% terjadi pada kultivar Biru yang ditanam di lahan sawah Nganjuk berjenis tanah Vertisol pada musim hujan, dan kultivar Pilip yang ditanam di lahan sawah Nganjuk berjenis tanah Vertisol pada musim hujan. Intensitas penyakit terendah 0,29% dan 1,60% terjadi pada kultivar Tiron yang ditanam di lahan sawah Brebes berjenis tanah

Aluvial pada musim kemarau, kultivar Bima yang ditanam di lahan sawah Brebes berjenis tanah Aluvial pada musim kemarau, dan kultivar Kuning yang ditanam di lahan sawah Brebes berjenis tanah Aluvial pada musim kemarau.

Intensitas penyakit moler sangat dipengaruhi oleh kondisi lahan, musim, dan kultivar yang ditanam. Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan oleh Zadok & Schein (1979), bahwa ambang kerusakan penyakit tanaman bervariasi dengan lokasi, musim, dan skala usaha tani. Di samping itu varietas dengan tingkat kerentanan yang berbeda menyebabkan ambang kerusakan yang berbeda pula.

Nilai intensitas penyakit moler 77,90% dan 74,47% termasuk serangan berat, sedangkan nilai intensitas penyakit moler 0,29% dan 1,60% termasuk serangan ringan. Dengan demikian serangan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* pada bawang merah yang menyebabkan penyakit moler di lahan sawah Nganjuk pada musim hujan khususnya pada kultivar Biru dan Pilip, perlu mendapat perhatian dan pengelolaan yang serius karena menimbulkan kerusakan yang berat (Anonim, 2004).



Gambar 2. Kerusakan beberapa kultivar bawang merah karena penyakit moler

Gambar 2 memperlihatkan kerusakan beberapa kultivar bawang merah karena penyakit moler di lahan sawah Nganjuk pada musim hujan bulan Februari tahun 2006. Tampak pada gambar bahwa kultivar Bauji mengalami kerusakan berat, dalam satu bedeng yang berisi 100 tanaman hanya beberapa tanaman saja yang tidak rusak. Sedangkan kultivar Tiron yang bedengnya berada di sebelahnya, tidak mengalami kerusakan berat.

Lahan sawah Nganjuk yang digunakan sebagai lokasi percobaan berjenis tanah Vertisol yaitu jenis tanah yang mempunyai tekstur lempung berat. Menurut Hartel (2005), jenis tanah dengan tekstur lempung berat umumnya mempunyai jumlah pori mikro tanah yang lebih banyak dibandingkan pori makro yang menyebabkan pergerakan air dan gas di dalam tanah lebih lambat. Kondisi tersebut dapat mengganggu pertumbuhan akar tanaman sehingga menyebabkan akar mudah terserang patogen.

Jenis tanah Vertisol juga diketahui sebagai tanah berat yang sulit diolah, memerlukan tenaga yang besar dan waktu yang lama untuk mengolahnya. Hal inilah yang menyebabkan petani di daerah Nganjuk ada yang enggan menanam padi karena untuk pengolahan tanah memerlukan biaya yang tinggi. Mereka lebih memilih menanam bawang merah terus-menerus atau hanya digilir dengan komoditas hortikultura yang tidak perlu membongkar bedengan. Dengan demikian lahan tersebut tidak dilakukan pergiliran dengan padi, sehingga tanahnya tidak mengalami pengolahan yang intensif dan penggenangan. Hal ini menyebabkan jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* penyebab penyakit moler yang bersifat aerobik tidak mengalami kekurangan oksigen, sehingga dapat terus bertahan bahkan berkembang dengan baik di dalam tanah. Menurut Rao (1994), jamur tanah umumnya bersifat aerobik, dan dapat tumbuh dengan baik di tanah yang ketersediaan oksigennya cukup untuk respirasi.

Metting (1993) dan Hartel (2005) menyatakan bahwa sebagian besar jamur toleran terhadap asam dan umumnya ditemukan di tanah-tanah yang bersifat masam dengan pH 5,5 ke bawah. Hasil analisis sifat fisik dan kimia tanah menunjukkan, tanah dari lahan sawah Nganjuk yang berjenis Vertisol mempunyai pH 5,1 (asam), sedangkan lahan lain pH tanahnya $\geq 6,3$. Kondisi tanah yang masam menyebabkan jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* dapat berkembang dengan baik di lahan sawah Nganjuk.

Intensitas penyakit lebih tinggi pada musim hujan dibandingkan dengan musim kemarau terutama pada kultivar Pilip dan Biru yang ditanam di lahan sawah Nganjuk. Pada musim hujan, aliran air hujan dapat menjadi media yang efektif untuk penyebaran inoculum *F. oxysporum* f.sp. *cepae* di lahan pertanian bawang merah, seperti yang terjadi di Queensland, aliran air hujan efektif menyebarkan inoculum *F. oxysporum* f.sp. *cubense* penyebab penyakit Panama pada pisang (Allen & Nehl, 1997).

Hartel (2005) menjelaskan bahwa tanah-tanah masam biasanya terjadi ketika air hujan cukup untuk menyebabkan senyawa-senyawa basa tercuci dari tanah; ketika curah hujan tidak cukup mencuci senyawa-senyawa basa, maka tanah biasanya bersifat basa. Hal tersebut mendukung data bahwa pada musim hujan banyak tanah-tanah menjadi masam, kondisi ini menyebabkan jamur-jamur tanah termasuk *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* yang lebih sesuai pada kondisi masam dapat berkembang dengan baik.

2. Morfologi *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*

Fusarium oxysporum f.sp. *cepae* pada medium Potato Dextrose Agar menunjukkan pertumbuhan yang cepat yaitu diameter koloninya lebih dari 2-5 cm setelah 4 hari, dengan warna biakan ungu pucat. Morfologi *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* hasil isolasi dari jaringan tanaman bawang merah bergejala moler tampak pada Gambar 3 dan 4.

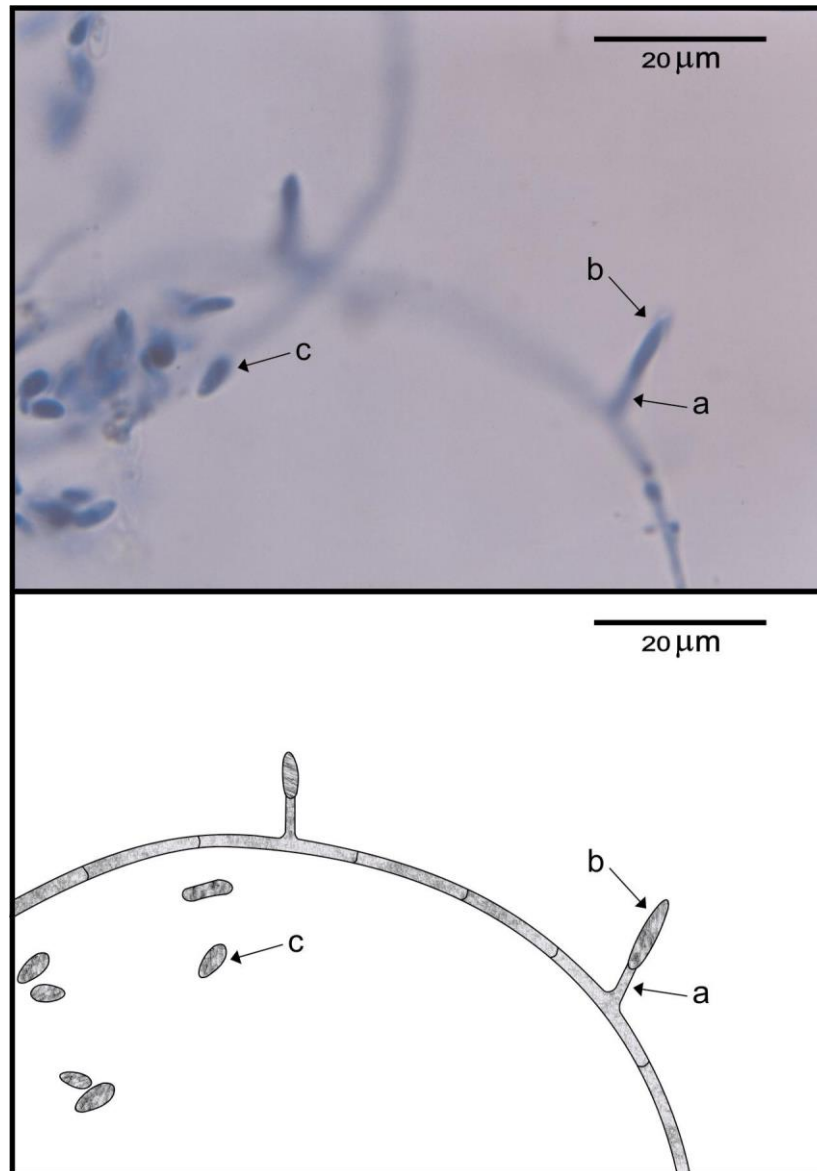
Fusarium oxysporum f.sp. *cepae* membentuk mikrokonidium, makrokonidium, dan kladospora. Mikrokonidium berbentuk elip atau bulat panjang, satu sel, dibentuk pada monofialid dalam susunan seperti bulatan tidak dalam rangkaian (false head), jumlahnya banyak. Makrokonidium berbentuk seperti kano, mempunyai 3 septa, dengan dinding tipis, sel bagian apikal melengkung dengan kait yang ramping, sel bagian basal membentuk sel seperti kaki, 25–30 x 4,0–4,5 µm. Kladospora berdinding tebal dan halus, dibentuk secara interkalar atau terminal pada cabang lateral pendek dari miselium.

F. oxysporum diidentifikasi berdasarkan morfologi struktur reproduksi aseksual, namun variasi banyak terjadi pada sifat struktur tersebut. Jamur ini dimasukkan dalam seksi Elegans, pemisahan secara morfologis dalam seksi ini sangat sedikit perbedaannya dan ciri-cirinya sangat bervariasi tergantung

lingkungan. Selain itu, kekhususan inang dari setiap isolat sangat terbatas, isolat-isolat dengan kisaran inang yang sama atau mirip ditetapkan sebagai suatu forma specialis (Kistler, 1997).



Gambar 3. Morfologi makrokonidium, mikrokonidium, dan kladospora *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*
(a) makrokonidium
(b) mikrokonidium
(c) kladospora



Gambar 4. Pembentukan mikrokonidium *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* pada monofialid
a. monofialid
b. mikrokonodium yang baru dibentuk tidak dalam rantai
c. mikrokonidium yang suda

Hasil pengamatan di atas, sesuai dengan morfologi *F. oxysporum* yang dijelaskan oleh Booth (1971), Joffe (1986), dan Leslie & Summerell (2006), yaitu spesies ini hifanya bersekat, mempunyai mikrokonidium dan makrokonidium. Mikrokonidium berbentuk bulat panjang, satu atau dua sel, tidak dalam rantai,

dibentuk di fialid sederhana atau konidiofor lateral yang pendek, dan jumlahnya relatif banyak. Makrokonidium berbentuk kano, berdinding tipis terdiri atas beberapa sel, mempunyai sel kaki, dibentuk pada miselium udara atau sporodokium, 30–45 x 3,5–4,5 μm . Klamidospora dibentuk secara interkalar atau terminal pada cabang lateral pendek dari miselium, tunggal atau berpasang-pasangan, dan dinding klamidospora halus atau kasar.

3. Populasi *Fusarium oxysporum* f.sp *cepae* di dalam tanah

Hasil penghitungan populasi *Fusarium oxysporum* f.sp *cepae* pada musim hujan tertera dalam Tabel 3 dan hasil penghitungan untuk musim kemarau tertera dalam Tabel 4. Kedua tabel tersebut memperlihatkan rerata jumlah koloni yang terbentuk dari minggu ke minggu semakin meningkat meskipun sangat kecil. Hasil ini menunjukkan bahwa populasi jamur di dalam tanah berkembang dari minggu ke minggu sejalan dengan semakin meningkatnya pertumbuhan tanaman bawang merah. Kondisi tersebut didukung oleh pernyataan Zadoks dan Schein (1979), bahwa koevolusi antara inang dan parasit memiliki komponen kualitas kuat yang ditentukan susunan genetik dari inang dan patogen, sehingga menghasilkan keseimbangan antara jumlah inang dan jumlah patogen. Keseimbangan tersebut diakibatkan oleh ekuilibrium yang dinamis.

Adanya eksudat akar tanaman bawang merah dapat secara langsung mempengaruhi perkecambahan propagul, pertumbuhan miselium, dan reproduksi *Fusarium oxysporum* f.sp *cepae*, dengan demikian dapat meningkatkan potensi inokulum yang diperlukan untuk infeksi. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian pada tanaman buncis yang menunjukkan bahwa asam-asam amino, gula, dan komponen lainnya yang terkandung dalam eksudat akar tanaman buncis dapat menstimulasi perkecambahan klamidospora *Fusarium solani* f.sp *phaseoli* di dalam tanah di sekitar perakaran (Curl, 1982).

Populasi *F. oxysporum* f.sp. *cepae* banyak terdapat di lahan sawah Nganjuk, dan hanya sedikit di lahan pasir Bantul, disebabkan karena lahan sawah Nganjuk mempunyai kandungan bahan organik yang lebih banyak 2,26%, sedangkan lahan pasir Bantul mempunyai kandungan bahan organik paling sedikit 0,61%). Menurut Curl (1982), distribusi jamur mengikuti distribusi bahan organik di dalam tanah.

Tabel 3. Populasi *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* di dalam tanah pertanaman bawang merah di beberapa lahan pada musim hujan

Lahan & Kultivar	Populasi <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cepae</i> ($\times 10^5$ CFU)/ g tanah				
	Sebelum tanam	Minggu ke-3 Ketika gejala muncul	Minggu ke-5	Minggu Ke-7 Sebelum panen	Minggu ke-9 Sesudah panen
A-Pl	1,33	1,67	2,00	2,89	1,94
A-Bj	1,22	1,61	2,00	2,67	1,56
A-Tr	1,17	1,61	1,89	2,56	1,83
A-Br	1,33	1,78	2,00	2,56	1,89
A-Kn	1,11	1,50	1,83	2,67	1,72
A-Bm	0,78	1,39	1,61	2,00	1,44
B-Pl	1,88	2,22	2,50	3,11	2,06
B-Bj	1,84	1,94	2,00	3,05	1,95
B-Tr	1,83	2,11	2,50	3,11	1,78
B-Br	1,67	1,67	2,11	2,72	1,83
B-Kn	1,95	2,06	2,45	3,06	1,77
B-Bm	1,61	1,94	2,22	2,95	1,94
C-Pl	1,72	2,17	2,22	2,56	2,06
C-Bj	1,83	2,17	2,22	2,67	2,11
C-Tr	1,78	2,0	2,11	2,56	1,94
C-Br	1,83	2,11	2,28	2,61	2,00
C-Kn	1,99	2,22	2,28	2,72	2,22
C-Bm	1,72	1,94	2,28	2,67	2,17
D-Pl	2,00	2,17	2,22	3,11	1,78
D-Bj	2,06	2,28	2,45	3,11	2,00
D-Tr	1,89	2,06	2,17	2,89	1,89
D-Br	1,83	2,06	2,22	2,95	2,00
D-Kn	1,94	2,11	2,34	2,84	2,00
D-Bm	2,00	2,17	2,39	3,06	2,17

Keterangan:

A: lahan pasir Bantul berjenis tanah Regosol

B: lahan sawah Bantul berjenis tanah Regosol

C: lahan sawah Brebes berjenis tanah Aluvial

D: lahan sawah Nganjuk berjenis tanah Vertisol

Pl: Kultivar Pilip, Bj: Kultivar Bauji, Tr: Kultivar Tiron, Br: Kultivar Biru, Kn: Kultivar Kuning, Bm: Kultivar Bima

Tabel 4. Populasi *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* di dalam tanah
pertanaman bawang merah di beberapa lahan pada musim kemarau

Lahan & Kultivar	Populasi <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cepae</i> ($\times 10^5$ CFU)/g tanah				
	Sebelum tanam	Minggu ke-3 Ketika gejala muncul	Minggu ke-5	Minggu Ke-7 sebelum panen	Minggu ke-9 sesudah panen
A-Pl	1,33	1,89	1,95	1,72	1,61
A-Bj	1,56	1,95	2,00	1,78	1,78
A-Tr	1,78	2,00	2,00	1,83	1,78
A-Br	1,67	1,95	2,00	1,95	1,83
A-Kn	1,33	1,67	1,72	1,72	1,72
A-Bm	1,50	1,72	1,78	1,78	1,61
B-Pl	1,89	2,11	2,11	2,06	2,06
B-Bj	1,83	2,00	2,06	2,06	2,00
B-Tr	1,67	1,95	2,00	2,06	2,06
B-Br	1,72	2,05	2,05	1,89	2,00
B-Kn	1,83	1,94	2,11	2,00	1,89
B-Bm	2,00	2,17	2,22	2,17	2,17
C-Pl	1,72	1,95	1,95	2,00	2,00
C-Bj	1,72	1,78	1,94	1,94	1,89
C-Tr	2,0	2,00	2,06	1,84	1,78
C-Br	1,67	1,78	1,95	1,95	2,00
C-Kn	1,83	1,94	2,11	2,00	2,05
C-Bm	1,61	1,78	1,94	2,00	1,89
D-Pl	1,78	1,83	2,06	2,06	2,06
D-Bj	2,00	2,33	2,50	2,39	2,00
D-Tr	1,89	2,17	2,39	2,22	2,11
D-Br	2,06	2,17	2,45	2,11	2,11
D-Kn	1,78	2,00	2,33	2,33	2,22
D-Bm	1,83	1,94	2,17	2,17	2,00

Keterangan:

A: lahan pasir Bantul berjenis tanah Regosol

B: lahan sawah Bantul berjenis tanah Regosol

C: lahan sawah Brebes berjenis tanah Aluvial

D: lahan sawah Nganjuk berjenis tanah Vertisol

Pl: Kultivar Pilip, Bj: Kultivar Bauji, Tr: Kultivar Tiron, Br: Kultivar Biru, Kn: Kultivar Kuning, Bm: Kultivar Bima

Hasil penghitungan populasi awal (sebelum tanam) *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* antar lahan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata populasi awal *F. oxysporum* f.sp. *cepae* di dalam tanah di lahan pasir Bantul dengan lahan lainnya. Populasi *F. oxysporum* f.sp. *cepae* di lahan sawah Bantul, Brebes, dan Nganjuk tidak menunjukkan perbedaan nyata. Namun demikian, lahan sawah Nganjuk yang berjenis tanah Vertisol tanpa pergiliran tanaman dengan padi, mempunyai rerata populasi awal (sebelum tanam) *F. oxysporum* f.sp. *cepae* tertinggi yaitu sebesar $1,92 \times 10^5$ CFU, diikuti lahan sawah Bantul dan Brebes sebesar $1,82 \times 10^5$ CFU dan $1,77 \times 10^5$ CFU, dan populasi terendah sebesar $1,34 \times 10^5$ CFU terdapat di lahan pasir Bantul (Tabel 5).

Populasi awal *F. oxysporum* f.sp. *cepae* di dalam tanah berpengaruh terhadap intensitas penyakit moler. Sesuai dengan hasil pengamatan intensitas dan laju infeksi, populasi awal *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* yang tinggi di lahan sawah Nganjuk menyebabkan tingginya intensitas dan laju infeksi penyakit moler di lahan tersebut.

Tabel 5. Populasi awal (sebelum tanam) *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* di dalam tanah di beberapa lahan percobaan

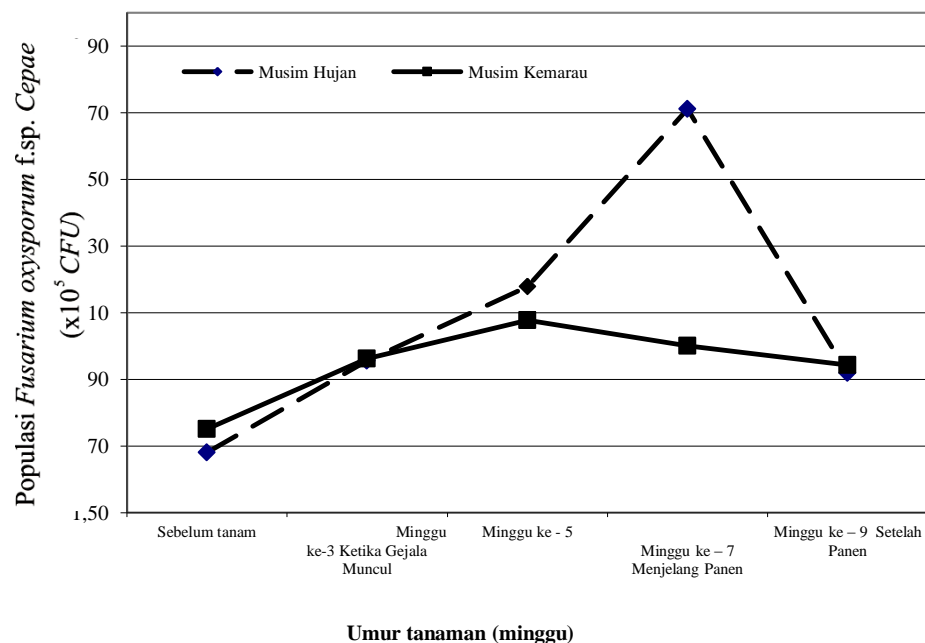
Lahan	Jenis tanah	Populasi awal (sebelum tanam) <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> ($\times 10^5$ CFU)
Lahan pasir Bantul	Regosol	1,34 b
Lahan sawah Bantul	Regosol	1,82 a
Lahan sawah Brebes	Aluvial	1,77 a
Lahan sawah Nganjuk	Vertisol	1,92 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji jarak ganda Duncan

Lahan sawah Nganjuk yang digunakan untuk percobaan mempunyai pH 5,10 paling rendah dibandingkan lahan lain pH 6,30-6,60. Kondisi pH rendah diduga sesuai untuk kehidupan *F. oxysporum* f.sp. *cepae*. Menurut Jones & Woltz (1981), penyakit-penyakit akar yang disebabkan oleh *F. oxysporum* banyak terjadi di tanah-tanah yang mempunyai pH rendah. Upaya menaikkan pH pada tanah-tanah tersebut dapat menurunkan keparahan penyakit. Peningkatan pH

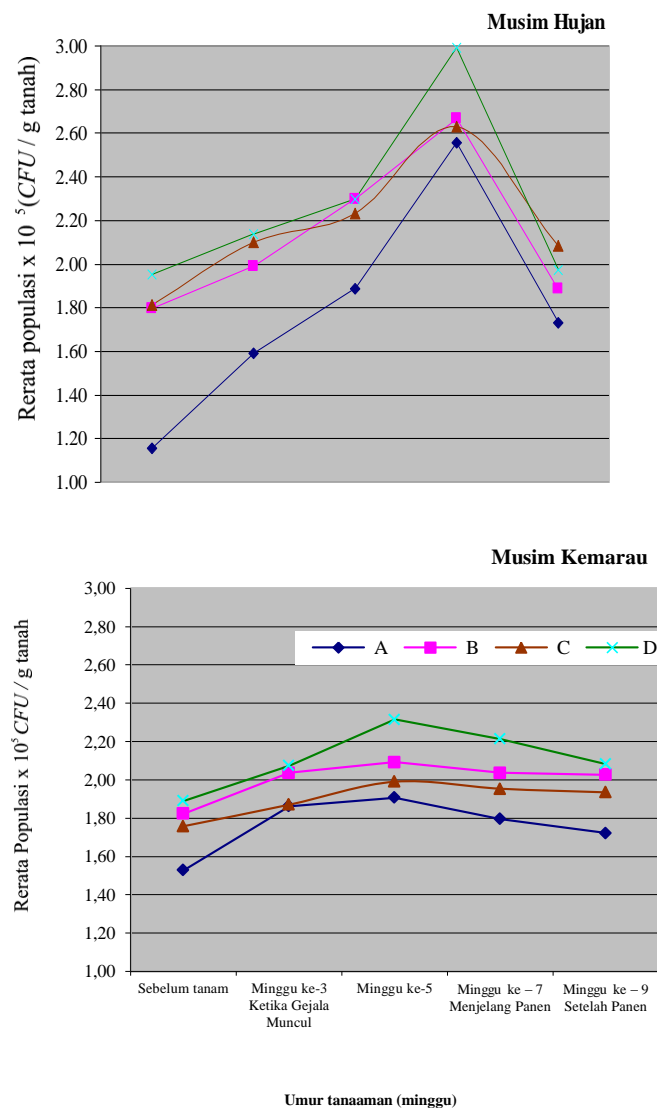
menyebabkan menurunnya unsur-unsur hara tersedia di dalam tanah, tidak hanya elemen mikro tetapi juga makro khususnya fosfor dan magnesium. Penurunan jumlah magnesium tersedia akan menurunkan daya pertumbuhan, sporulasi, dan virulensi *F. oxysporum*.

Gambar 5 memperlihatkan rerata populasi *F. oxysporum* f.sp *cepae* di dalam tanah di berbagai lahan percobaan pada musim hujan dan kemarau. Tampak pada gambar bahwa pada musim hujan populasi *F. oxysporum* f.sp *cepae* lebih tinggi dibandingkan pada musim kemarau. Hasil ini sesuai dengan hasil pengamatan intensitas penyakit, intensitas penyakit tertinggi terjadi pada musim hujan. Curah hujan selain dapat mengubah kondisi lingkungan sehingga mendukung untuk perkembangan patogen, juga dapat menempatkan unit pemencaran patogen mencapai tanaman sehat, sehingga patogen semakin berkembang (Chakraborty & Pangga, 2004).



Gambar 5. Populasi *Fusarium oxysporum* f.sp *cepae* di dalam tanah di lahan percobaan pada musim hujan dan kemarau

Gambar 5 juga memperlihatkan bahwa populasi *F. oxysporum* f.sp. *cepae* meningkat tajam pada minggu ke-5 – 7, data tersebut sesuai dengan hasil pengamatan intensitas penyakit mingguan yang juga mulai meningkat tajam pada minggu ke-5 – 7, yang menunjukkan laju tercepat pada minggu ke-5 – 7. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa peningkatan populasi *F. oxysporum* f.sp. *cepae* sejalan dengan meningkatnya intensitas penyakit moler.



Gambar 6. Perkembangan populasi *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* di dalam tanah di lahan pasir Bantul (A), sawah Bantul (B), sawah Brebes (C), dan sawah Nganjuk (D) pada musim hujan dan kemarau

Perkembangan populasi *Fusarium oxysporum* f.sp *cepae* di dalam tanah di lahan pasir Bantul, lahan sawah Bantul, lahan sawah Brebes, dan lahan awah Nganjuk pada musim hujan dan kemarau tampak pada Gambar 6. Populasi tertinggi pada musim hujan sebesar $3,00 \times 10^5$ CFU/g tanah dan musim kemarau sebesar $2,30 \times 10^5$ CFU/g tanah terdapat di dalam tanah dari lahan sawah Nganjuk. Hasil ini sesuai dengan hasil pengamatan intensitas penyakit yang juga tinggi di lahan sawah Nganjuk, yang menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara besarnya populasi *F. oxysporum* f.sp *cepae* di dalam tanah dengan tingginya intensitas penyakit moler.

Menurut Sastrahidayat (1989), tersedianya inokulum patogen yang tinggi sering diikuti epidemi penyakit, apabila kondisi inang dan lingkungan mendukung. Meningkatnya kerentanan tanaman dan kondisi lingkungan yang sesuai mampu memacu patogenesis patogen untuk menyebabkan epidemi.

VI. PENURUNAN HASIL UMBI LAPIS KARENA PENINGKATAN INTENSITAS PENYAKIT MOLER DAN POPULASI *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*

1. Hasil Umbi Lapis Bawang Merah

Tabel 6 menunjukkan terdapat perbedaan nyata hasil umbi lapis kering bawang merah kultivar Pilip, Bauji, Tiron, Biru, Kuning, dan Bima yang ditanam di 4 lahan percobaan pada musim hujan dan kemarau. Hasil umbi lapis paling sedikit diperoleh dari kultivar Biru sebanyak 0,56 kg/100 tanaman dan Pilip sebanyak 0,62 kg/100 tanaman yang ditanam di lahan sawah Nganjuk pada musim hujan. Hasil ini sesuai dengan hasil pengamatan intensitas penyakit dan perhitungan laju infeksi, bahwa kultivar Biru dan Pilip yang ditanam di lahan sawah Nganjuk pada musim hujan menunjukkan intensitas penyakit yang tinggi dan laju infeksi yang cepat menyebabkan hasil umbi yang diperoleh sedikit.

Tabel 6. Hasil umbi lapis kering 6 kultivar bawang merah yang ditanam di 4 lahan yang memiliki jenis tanah berbeda pada musim hujan dan kemarau

Musim	Kultivar	Hasil umbi lapis kering (kg/100 tanaman)			
		Lahan Pasir Bantul Regosol	Lahan Sawah Bantul Regosol	Lahan Sawah Brebes Aluvial	Lahan Sawah Nganjuk Vertisol
Hujan	Pilip	3,69 klm	3,33 lmn	3,28 lmn	0,62 r
	Bauji	3,64 klm	2,17 opq	2,70 mnop	1,68 q
	Tiron	7,75 efgh	8,21 defgh	7,83 efgh	4,24 jkl
	Biru	4,46 jk	2,47 nopq	5,59 i	0,56 r
	Kuning	5,92 i	5,45 i	6,18 i	1,93 pq
	Bima	3,12 mno	4,32 jkl	5,17 ij	3,33 lmn
Kemarau	Pilip	7,16 gh	10,68 ab	7,96 efgh	8,12 defgh
	Bauji	7,15 h	9,93 bc	7,94 efgh	7,63 efgh
	Tiron	7,36 fgh	10,85 ab	8,13 defgh	7,95 efgh
	Biru	7,48 efgh	11,19 a	8,58 de	8,07 defgh
	Kuning	9,08 cd	11,02 a	8,28 defg	7,98 efgh
	Bima	8,46 def	10,86 ab	8,18 defgh	7,23 gh

Keterangan:

Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji jarak ganda Duncan

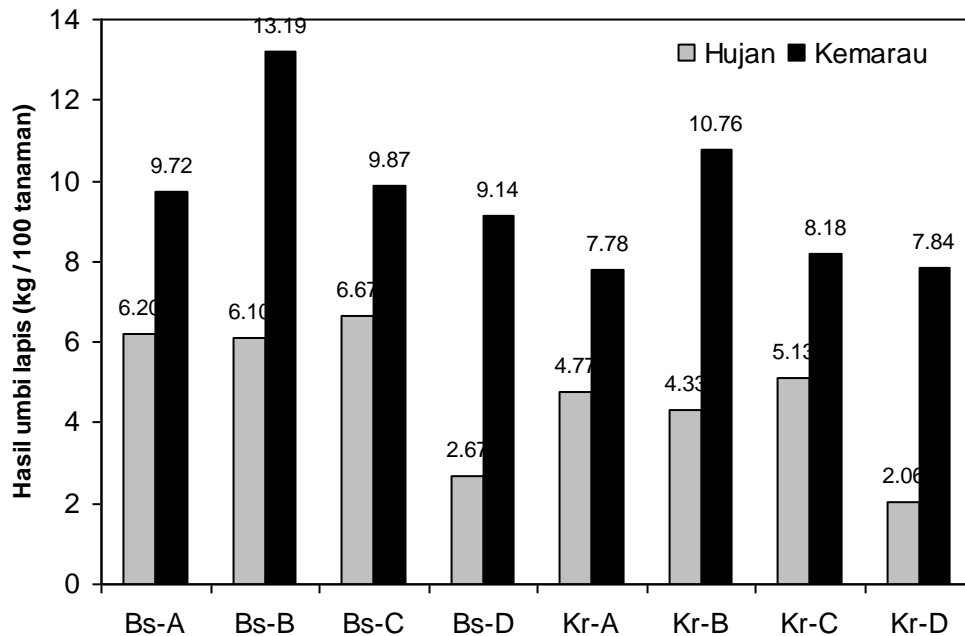
Hasil umbi lapis bawang merah kering terbanyak diperoleh dari kultivar Biru sebanyak 11,19 kg/100 tanaman dan Kuning sebanyak 11,02 kg/100 tanaman yang ditanam di lahan sawah Bantul pada musim kemarau. Hasil ini berkebalikan dengan hasil pengamatan intensitas penyakit moler, yaitu intensitas penyakit terendah terjadi pada kultivar Tiron yang ditanam di lahan sawah Brebes pada musim kemarau. Hal tersebut dikarenakan sifat ketahanan yang tinggi terhadap penyakit tidak diikuti sifat kemampuan berproduksi tinggi. Kultivar Tiron yang telah diketahui mempunyai ketahanan terhadap penyakit moler lebih tinggi dibandingkan kultivar lain, ternyata tidak menghasilkan umbi lapis paling banyak ketika ditanam pada musim kemarau, pada saat epidemi penyakit moler tidak berkembang. Oleh karena itu, untuk mendapatkan hasil umbi lapis yang tinggi sebaiknya tidak menanam kultivar Tiron pada musim kemarau.

Kultivar Biru diketahui memberikan kuantitas hasil umbi lapis yang tinggi namun kultivar ini tidak tahan penyakit moler ketika ditanam pada musim hujan, sehingga sebaiknya ditanam pada musim kemarau. Kondisi lingkungan di lahan sawah Bantul pada musim kemarau mendukung untuk pertumbuhan kultivar tersebut.

Fehr (1987) menyatakan bahwa kultivar unggul biasanya mempunyai sifat agronomi unggul seperti hasil produksi yang tinggi, namun biasanya salah satu sifat misalnya ketahanan terhadap suatu penyakit akan kalah. Dalam hal ini perlu diperhatikan bahwa kondisi lingkungan akan mempengaruhi kedua sifat tersebut, karena sifat ketahanan merupakan pengaruh bersama gen-gen yang mengendalikan yang dimiliki oleh suatu tanaman dan interaksinya dengan lingkungan.

Gambar 7 memperlihatkan hasil umbi lapis bawang merah basah dan kering dari semua kultivar yang ditanam di semua lahan pada musim hujan dan kemarau. Pada musim kemarau, setiap 100 tanaman basah bisa menghasilkan umbi 9,14-13,19 kg, dan setiap 100 tanaman kering menghasilkan 7,78-10,76 kg umbi. Hasil tertinggi umbi lapis basah 13,19 kg dan umbi kering 10,76 kg dari semua kultivar diperoleh dari lahan sawah Bantul pada musim kemarau. Pada musim hujan, setiap 100 tanaman basah hanya menghasilkan umbi lapis 2,67-6,67 kg, dan setiap 100 tanaman kering hanya menghasilkan 2,06-5,13 kg umbi lapis. Hasil terendah umbi lapis basah 2,67 kg dan umbi lapis kering 2,06 kg diperoleh dari lahan sawah Nganjuk pada musim hujan. Hasil tersebut, sesuai

dengan hasil pengamatan intensitas penyakit moler, yaitu intensitas terendah terjadi di lahan sawah Bantul pada musim kemarau dan intensitas tertinggi terjadi di lahan sawah Nganjuk pada musim hujan. Intensitas penyakit yang tinggi menyebabkan tanaman rusak dan tidak dapat menghasilkan umbi lapis.



Gambar 7. Hasil umbi lapis bawang merah basah (Bs) dan kering (Kr) yang ditanam di lahan pasir Bantul (A), lahan sawah Bantul (B), lahan sawah Brebes (C), dan lahan sawah Nganjuk (D) pada musim hujan (H) dan musim kemarau (K)

2. Hubungan antara Hasil Umbi Lapis Bawang Merah dengan Intensitas Penyakit Moler

Ambang kerusakan penyakit, yaitu kerusakan terendah yang dapat menimbulkan penurunan hasil baik kuantitas maupun kualitas, belum populer dalam pengelolaan penyakit. Hubungan tersebut sangat tergantung dengan toleransi tanaman inang, umur tanaman saat mulai terjadi serangan, dan perkembangan penyakit selanjutnya (Suhardi, 1996).

Hubungan antara intensitas penyakit moler pada saat tanaman berumur lebih kurang 3 minggu (periode inkubasi penyakit moler) dengan hasil umbi lapis

kering semua kultivar untuk masing-masing lahan, pada musim hujan dan kemarau, dapat digambarkan dengan persamaan regresi seperti tertera pada Tabel 7.

Tabel 7. Persamaan regresi yang menunjukkan hubungan antara Intensitas penyakit moler dan hasil umbi lapis kering bawang merah di 4 lahan pada musim hujan dan kemarau

Lahan	Persamaan regresi	
	Musim hujan	Musim Kemarau
Pasir Bantul	$Y = 6,18 - 0,07X$ ($r = -0,68$)	$Y = 8,63 - 0,12X$ ($r = -0,65$)
Sawah Bantul	$Y = 6,35 - 0,06X$ ($r = -0,76$)	$Y = 10,92 - 0,18X$ ($r = -0,30$)
Sawah Brebes	$Y = 7,07 - 0,10X$ ($r = -0,77$)	$Y = 8,21 - 0,06X$ ($r = -0,06$)
Sawah Nganjuk	$Y = 6,20 - 0,06X$ ($r = -0,93$)	$Y = 8,38 - 0,06X$ ($r = -0,58$)

Keterangan:

Y: hasil umbi lapis bawang merah kering

X: intensitas penyakit moler

r : koefisien korelasi

Dengan persamaan regresi seperti tersebut di atas, dapat diduga pada musim hujan bila pada saat tanaman berumur lebih kurang 3 minggu (periode inkubasi penyakit moler) tidak ada serangan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*, hasil umbi lapis bawang merah kering untuk lahan pasir Bantul, sawah Bantul, sawah Brebes, dan sawah Nganjuk berturut-turut mencapai 6,18 kg/100 tanaman, 6,35 kg/100 tanaman, 7,07 kg/100 tanaman, dan 6,20 kg/100 tanaman. Namun, apabila ada serangan dengan intensitas penyakit moler mencapai 10%, dan perkembangan penyakit selanjutnya dengan intensitas penyakit moler dan populasi *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* seperti yang tertera pada Tabel 2, 3, dan 4, maka hasil umbi lapis berturut-turut menjadi 5,48 kg/100 tanaman, 5,75 kg/100 tanaman, 6,07 kg/100 tanaman, dan 5,60 kg/100 tanaman.

Hasil umbi lapis bawang merah kering pada musim kemarau untuk lahan pasir Sanden Bantul, sawah Sanden Bantul, sawah Larangan Brebes, dan sawah Nganjuk, bila saat tanaman berumur lebih kurang 3 minggu tidak ada penyakit moler berturut-turut mencapai 8,63 kg/100 tanaman, 10,92 kg/100 tanaman, 8,21 kg/100 tanaman, dan 8,38 kg/100 tanaman. Bila intensitas penyakit moler mencapai 10% hasil umbi lapis berturut-turut 7,43 kg/100 tanaman, 9,12 kg/100 tanaman, 7,61 kg/100 tanaman, dan 7,78 kg/100 tanaman.

Nilai koefisien korelasi (r) yang diperoleh menunjukkan hubungan yang lebih erat antara perlakuan yaitu macam lahan (jenis tanah dan pola pergiliran tanaman) dengan respon tanaman yaitu hasil umbi lapis pada musim hujan dibandingkan pada musim kemarau. Pada musim hujan nilai r tertinggi diperoleh di lahan sawah Nganjuk, hal ini berarti kondisi lahan sawah Nganjuk pada musim hujan memberikan pengaruh yang paling besar terhadap perkembangan penyakit moler dibandingkan lahan lain.

Pada musim kemarau nilai r tertinggi diperoleh di lahan pasir Bantul, yang berarti pada musim kemarau kondisi lahan pasir Bantul memberikan pengaruh paling besar terhadap perkembangan penyakit moler dibandingkan lahan lain. Hal ini diduga karena suhu udara dan suhu tanah yang lebih tinggi, kelembapan udara yang lebih rendah, serta adanya kandungan garam yang tinggi di air dan udara sekitar pertanaman bawang merah menyebabkan predisposisi sehingga tanaman lebih mudah terserang *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*. Nilai koefisien korelasi untuk lahan pasir Bantul pada musim hujan dan musim kemarau hampir sama. Hal ini dikarenakan kondisi kelembapan tanah di lahan pasir yang dapat mendukung kehidupan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* bukan disebabkan oleh jenis atau tekstur tanah tetapi lebih karena penggunaan mulsa berupa jerami dan sekam padi yang ditanamkan ke dalam pasir.

Tabel 8. Persamaan regresi yang menunjukkan hubungan antara Intensitas penyakit moler dan hasil umbi lapis kering bawang merah kultivar Pilip, Bauji, Tiron, Biru, Kuning, dan Bima di semua lahan pada musim hujan dan kemarau

Kultivar	Persamaan regresi	
	Musim hujan	Musim kemarau
Pilip	$Y = 4,98 - 0,04X$ ($r = -0,83$)	$Y = 9,13 - 0,18X$ ($r = -0,48$)
Bauji	$Y = 4,42 - 0,04X$ ($r = -0,71$)	$Y = 9,14 - 0,13X$ ($r = -0,80$)
Tiron	$Y = 8,20 - 0,11X$ ($r = -0,89$)	$Y = 9,03 - 0,21X$ ($r = -0,38$)
Biru	$Y = 6,15 - 0,05X$ ($r = -0,88$)	$Y = 9,51 - 0,14X$ ($r = -0,61$)
Kuning	$Y = 6,54 - 0,06X$ ($r = -0,85$)	$Y = 9,65 - 0,16X$ ($r = -0,36$)
Bima	$Y = 4,45 - 0,02X$ ($r = -0,39$)	$Y = 9,54 - 0,22X$ ($r = -0,57$)

Keterangan:

Y: hasil umbi lapis kering bawang merah

X: intensitas penyakit moler

r : koefisien korelasi

Hubungan antara intensitas penyakit moler pada saat tanaman berumur lebih kurang 3 minggu (periode inkubasi penyakit moler) dengan hasil umbi lapis kering untuk masing-masing kultivar di semua lahan pada musim hujan dan kemarau, digambarkan dengan persamaan regresi seperti tertera pada Tabel 8.

Hasil umbi bawang merah kering tertinggi pada musim hujan, baik tidak ada maupun ada serangan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* saat tanaman berumur lebih kurang 3 minggu, dicapai oleh kultivar Tiron. Namun pada musim kemarau, baik tidak ada maupun ada serangan, hasil tertinggi dicapai oleh kultivar Biru. Hasil ini mendukung data bahwa kultivar Tiron merupakan kultivar yang tahan hujan dan serangan *F. oxysporum* f.sp. *cepae*, namun produksinya masih lebih rendah dibanding kultivar lain bila ditanam pada musim kemarau. Oleh karena itu sebaiknya, pada musim hujan kultivar yang ditanam adalah Tiron, sedangkan pada musim kemarau menanam kultivar Biru.

Nilai koefisien korelasi (r) yang relatif tinggi pada musim hujan menunjukkan bahwa pemilihan kultivar pada musim hujan sangat mempengaruhi hasil umbi lapis. Nilai r tertinggi diperoleh pada kultivar Tiron, sesuai dengan persamaan regresinya hal tersebut berarti bahwa pada musim hujan apabila menanam kultivar Tiron akan memperoleh hasil umbi lapis yang paling tinggi. Pada musim kemarau nilai r tertinggi diperoleh pada kultivar Bauji, hal ini menunjukkan bahwa penanaman kultivar tersebut pada musim kemarau memberikan pengaruh paling besar terhadap hasil umbi lapis.

VII. POPULASI *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* PADA UMBI BENIH DAN PERANNYA SEBAGAI SUMBER PENULAR

1. Kajian Peran Benih Bawang Merah sebagai Sumber Penular

Kajian ini dilakukan untuk mengetahui peran benih berupa umbi lapis dari hasil panen pertanaman sebelumnya yang secara visual tidak menunjukkan gejala penyakit moler hingga panen namun terletak di sekitar tanaman sakit, dapat berperan sebagai sumber penular pertanaman berikutnya. Pada kajian ini dilakukan pula isolasi jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* untuk mengetahui keberadaan jamur tersebut dalam jaringan umbi lapis.

a. Peran benih berupa umbi lapis sebagai sumber penular. Uji ini dilakukan untuk mengetahui peran benih bawang merah hasil panen pertanaman sebelumnya yang tidak menunjukkan gejala moler, namun terletak di sekitar tanaman yang sakit dan sudah disimpan selama 4 bulan, sebagai sumber penular. Uji dilakukan dengan cara menanam benih bawang merah berupa umbi lapis pada pot plastik di rumah kaca, dengan Rancangan Acak Lengkap 4 faktor, faktor pertama jenis tanah terdiri 2 aras yaitu jenis tanah Regosol dan Vertisol, faktor kedua sterilisasi tanah terdiri 2 aras yaitu tanah disterilkan dan tidak disterilkan, ketiga faktor kultivar bawang merah terdiri 2 aras yaitu kultivar Tiron dan kultivar Biru yang dari hasil percobaan di lapangan diketahui merupakan kultivar tahan dan rentan, dan keempat faktor perlakuan benih terdiri dari 2 aras yaitu diberi fungisida benomil dengan dosis 10 g/1 kg benih (Kuniyasu, 1984; Wiyono *et al.*, 1999) dan tidak diberi fungisida, sehingga keseluruhan terdapat 16 perlakuan yang masing-masing diulang 5 kali.

1) Persiapan

a) Medium tanam

Medium tanam yang digunakan berupa campuran tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 2 : 1, jenis tanah yang digunakan disesuaikan dengan perlakuan. Medium tanam dimasukkan dalam pot plastik berdiameter 40 cm dan tinggi 20 cm, kemudian diberi pupuk dasar NPK (15 – 15 – 15) dengan dosis 10 g/pot (800 kg/ha) pada kedalaman 10 cm (Sumarni & Sumiati, 1995), selanjutnya pot plastik ditempatkan di rumah kaca

b) Benih bawang merah

Benih bawang merah berupa umbi lapis diperoleh dari hasil panen percobaan sebelumnya. Satu pot dibutuhkan 1 umbi lapis dengan berat masing-masing lebih kurang 3,5 g. Dua hari sebelum tanam kulit umbi yang paling luar dan sisa-sisa akar yang masih ada dihilangkan dan dibersihkan. Benih yang digunakan untuk perlakuan fungisida, sebelum ditanam permukaan umbi lapis ditaburi dan dibalut bubuk benomil dengan dosis 10 g/kg benih, sedangkan yang tidak untuk perlakuan fungisida benih tidak dibalut bubuk benomil

2) Pemeliharaan

Pemeliharaan dilakukan dengan menyiram tanaman setiap hari, memberi pupuk urea tambahan 1,2 g/pot plastik (90 kg/ha) pada saat tanaman berumur 30 hari, dan apabila ada hama dikendalikan dengan pestisida (Sumarni & Sumiati, 1995).

3) Pengamatan

Pengamatan dilakukan dengan variabel persentase tanaman sakit yang dihitung menggunakan rumus :

$$P = \frac{a}{b} \times 100\%$$

Keterangan :

P: Persentase tanaman sakit

a: Jumlah tanaman sakit

b: Jumlah tanaman seluruhnya

b. Isolasi jamur dari jaringan umbi lapis bawang merah. Kegiatan ini untuk mengetahui keberadaan jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* di dalam jaringan benih bawang merah berupa umbi lapis. Isolasi dilakukan dengan metode pengimbasan sporulasi. Seluruh bagian umbi lapis dibersihkan dan didesinfeksi dengan etanol 70%, kemudian dipotong-potong sepanjang 0,5 cm secara aseptis dan diletakkan pada kertas saring steril dalam cawan Petri steril berdiameter 3 cm. Medium Komada yang masih panas dan cair dalam tabung reaksi dituang ke dalam cawan Petri berdiameter 9 cm, setelah dingin dan padat, potongan-potongan jaringan

tanaman sakit ditaruh di atasnya secara aseptis, cawan Petri ditutup dan diinkubasikan pada suhu kamar (28-30°C) selama 3 hari. Setelah 3 hari, diamati koloni jamur yang tumbuh. Jamur yang tumbuh dipindah pada medium *PDA* dalam cawan Petri steril secara aseptis, dan dilakukan 3 kali sampai diperoleh biakan murni jamur. Kemudian diamati secara makroskopis dan mikroskopis (Tuite, 1969; Kuniyasu, 1984).

2. Hasil Uji Benih

Uji peran benih bawang merah berupa umbi lapis sebagai sumber penular dilakukan dengan cara menanam benih bawang merah pada pot plastik di rumah kaca. Benih berasal dari hasil panen kajian lapangan yang telah diseleksi dari tanaman yang tidak menunjukkan gejala, dan telah disimpan selama lebih kurang 4 bulan.



Gambar 8. Tanaman bawang merah kultivar Biru sehat (A) dan bergejala moler (B), serta kultivar Tiron sehat (C) dan bergejala moler (D) berumur 29 hari.

Hasil uji menunjukkan bahwa sebagian benih uji yang dihasilkan dari tanaman yang secara visual tidak menunjukkan gejala moler namun berasal dari lahan yang terdapat infeksi moler, menampakkan gejala moler pada umur 29 hari setelah tanam seperti tertera pada Gambar 8. Gambar tersebut memperlihatkan tanaman bawang merah kultivar Biru yang sehat (A) dan kultivar Tiron yang sehat (C) tampak segar, daunnya tumbuh tegak, dan berwarna hijau. Kedua tanaman dapat menghasilkan umbi lapis ketika dipanen. Kultivar Biru yang sakit (B) dan kultivar Tiron yang sakit (D) daunnya tampak meliuk, dan berwarna hijau kekuningan. Kedua tanaman tersebut mati sebelum membentuk umbi lapis.

Tabel 9. Persentase tanaman bawang merah kultivar Tiron dan Biru bergejala penyakit moler yang ditanam pada tanah Regosol dan Vertisol dengan perlakuan sterilisasi dan penggunaan fungisida

Jenis tanah	Sterilisasi	Persentase tanaman sakit (%)			
		Kultivar Tiron		Kultivar Biru	
		Fungisida	Tanpa fungisida	Fungisida	Tanpa fungisida
Regosol	Sterilisasi	0	40	0	20
	Tanpa Sterilisasi	0	20	0	60
Vertisol	Sterilisasi	0	40	0	60
	Tanpa sterilisasi	0	40	0	80

Hasil perhitungan persentase tanaman sakit pada uji peran umbi benih sebagai sumber penular tertera dalam Tabel 9. Dari tabel tersebut terlihat bahwa tanaman bawang merah yang ditanam di tanah-tanah yang disterilkan ada yang menunjukkan gejala moler dengan persentase tanaman sakit tertinggi sebesar 60% pada kultivar Bauji yang ditanam di tanah Vertisol tanpa perlakuan fungisida terhadap umbi benih. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa umbi benih bawang merah dapat membawa jamur *F. oxysporum* f.sp. *cepae* penyebab penyakit moler, sehingga dapat berperan sebagai sumber penular penyakit moler.

Kuniyasu (1984) melaporkan bahwa penyakit layu *Fusarium* yang terjadi pada bibit beberapa tanaman sayuran yang ditanam di tanah yang disterilkan menunjukkan penyakit disebabkan oleh patogen terbawa benih. Dengan demikian konsep bahwa jamur dapat disebarkan melalui benih merupakan masalah yang perlu diperhatikan.

Tabel 9 juga menunjukkan bahwa semua tanaman bawang merah yang umbi benihnya diperlakukan dengan fungisida benomil tidak menunjukkan gejala atau dengan persentase tanaman sakit 0%. Hasil tersebut menetapkan bahwa fungisida benomil merupakan fungisida yang efektif digunakan sebagai perawatan umbi benih bawang merah dalam upaya menekan perkembangan penyakit moler.

3. Hasil Isolasi Benih Bawang Merah

Isolasi jaringan umbi lapis bawang merah beberapa kultivar yang akan digunakan sebagai benih yang telah disimpan selama lebih kurang 4 bulan dilakukan untuk mengetahui keberadaan jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* di dalam jaringan umbi lapis. Bagian-bagian jaringan umbi lapis yang diisolasi adalah akar, cakram, umbi lapis, dan calon tunas. Hasil isolasi ditunjukkan dalam Tabel 10.

Tabel 10. Keberadaan jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* di dalam jaringan umbi benih bawang merah

Kultivar	Keberadaan <i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i>			
	akar	cakram	umbi lapis	calon tunas
Pilip	ada	tidak ada	tidak ada	tidak ada
Bauji	tidak ada	ada	tidak ada	tidak ada
Tiron	tidak ada	tidak ada	tidak ada	tidak ada
Biru	tidak ada	ada	tidak ada	tidak ada
Kuning	tidak ada	tidak ada	tidak ada	tidak ada
Bima	ada	tidak ada	tidak ada	tidak ada

Tabel 10 menunjukkan bahwa jamur *F. oxysporum* f.sp. *cepae* tidak ditemukan pada semua bagian jaringan umbi benih bawang merah dari semua

kultivar. Jamur tersebut hanya terdapat pada jaringan sisa akar benih bawang merah kultivar Pilip dan Bima, serta jaringan cakram kultivar Bauji dan Biru. Jaringan akar dan jaringan cakram merupakan jaringan umbi benih bawang merah yang paling sering bersentuhan dengan tanah dan membawa sisa-sisa tanah dari lahan, dari hasil tersebut dapat diduga bahwa propagul *F. oxysporum* f.sp. *cepae* mempunyai kemungkinan lebih besar dapat terbawa benih apabila benih tersebut membawa sisa-sisa tanah dari lahan.

Hasil wawancara dengan petani menunjukkan bahwa setelah tanaman bawang merah dicabut untuk dipanen, biasanya umbi dibiarkan di atas tanah dan tidak ada perlakuan khusus untuk membersihkan sisa-sisa tanaman dan tanah yang menempel pada umbi bawang merah hasil panen. Bahkan, pada musim kemarau ada petani yang menjemur umbi hasil panen di lahan. Hal ini memperbesar kemungkinan tanah yang mengandung propagul jamur terbawa benih, padahal umbi hasil panen biasanya digunakan sebagai benih pertanaman selanjutnya setelah disimpan selama 4 bulan.



Gambar 9. Panen bawang merah di lahan pasir Bantul pada musim kemarau

Gambar 9 menunjukkan proses pemanenan bawang merah di lahan pasir Bantul pada musim kemarau 2005. Pada gambar tersebut tampak bahwa umbi hasil panen dibiarkan di atas tanah yang telah terinfestasi *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* penyebab penyakit moler.

Benih bawang merah yang digunakan untuk kajian sebelumnya telah disimpan selama lebih kurang 4 bulan, namun jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* tetap ditemukan pada jaringan umbi benih. Diduga propagul jamur yang ada pada benih berupa klamidospora yang terbawa dalam sisa-sisa tanah yang menempel pada benih, sehingga meskipun benih sudah disimpan dalam keadaan kering jamur tersebut masih bisa diketemukan ketika diisolasi.

Kuniyasu (1984) menjelaskan bahwa hampir semua propagul jamur *Fusarium oxysporum* yang menempel pada kulit biji dalam bentuk konidium dan miselium mati ketika benih disimpan selama 4 bulan. Namun bila propagul jamur berada dalam bentuk klamidospora, maka jamur dapat menyesuaikan diri dan tetap hidup pada kondisi penyimpanan dalam waktu yang lama.

VII. UPAYA MENEKAN PENINGKATAN POPULASI *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* DAN INTENSITAS PENYAKIT MOLER

1. Peningkatan Populasi *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* dan Intensitas Penyakit Moler sebagai Faktor-faktor Pembatas Produksi Bawang Merah

Berdasarkan hasil kajian populasi *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* dan intensitas penyakit moler seperti yang dikemukakan di atas, dapat diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi produksi bawang merah sebagai berikut.

1. Penyakit moler terdapat di 3 daerah sentra produksi bawang merah yaitu Kabupaten Bantul, Kabupaten Brebes, Kabupaten Nganjuk, dan bersifat epidemik pada musim hujan, namun pada musim kemarau penyakit tersebut bersifat endemik di beberapa wilayah saja.
2. Agihan penyakit moler di lahan mengelompok dengan batas tegas. Hal ini menunjukkan bahwa penyebab penyakitnya merupakan jamur terbawa tanah. Lahan sawah Nganjuk yang berjenis tanah Vertisol dan tidak pernah dilakukan pergiliran dengan padi pada musim hujan menyebabkan intensitas penyakit moler tertinggi serta hasil umbi lapis terendah pada kultivar Biru dan Pilip.
3. Kombinasi suhu tanah dan curah hujan yang tinggi, merupakan kondisi cuaca yang paling berpengaruh terhadap perkembangan penyakit moler pada bawang merah di lahan.
4. Kultivar Tiron merupakan kultivar yang lebih tahan terhadap penyakit moler di berbagai kondisi lahan dan musim dibandingkan kultivar Pilip, Bauji, Biru, Kuning, dan Bima.
5. Populasi *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* tertinggi terdapat di dalam tanah dari lahan sawah Nganjuk yang berjenis tanah Vertisol, dan tidak pernah dilakukan pergiliran dengan padi pada musim hujan.
6. Benih bawang merah berupa umbi lapis dapat membawa propagul jamur *F. oxysporum* f.sp. *cepae* penyebab penyakit moler, apabila umbi lapis tersebut membawa sisa-sisa tanah dari lahan, sehingga dapat berperan sebagai sumber penular penyakit moler.

2. Penerapan Pengelolaan Kesehatan Tanaman

Setelah mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi epidemi penyakit moler maka penerapan Pengelolaan Kesehatan Tanaman (PKT) untuk mengendalikan penyakit moler pada bawang merah perlu dijabarkan dalam langkah-langkah yang sistematis sehingga dapat dilaksanakan dengan runtut, teliti, dan berkesinambungan sehingga dapat dievaluasi. Penjabaran langkah-langkah pelaksanaan PKT perlu dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu:

1. Persiapan, meliputi:

- a. Pengambilan keputusan dan analisis usaha tani. Membuat keputusan ekonomis adalah bagian yang sangat penting pada pengelolaan suatu tanaman. Untuk menanggulangi resiko-resiko dan ketidakpastian yang berhubungan dengan produksi pertanian, catatan-catatan yang baik diperlukan untuk memberikan informasi yang tepat untuk merencanakan dan memonitor operasi. Analisis usaha tani menyangkut analisis BEP (*Break-Even Point*) dan analisis biaya-keuntungan harus dibuat (Hewitt dan Shokes, 1995).
- b. Pengumpulan berbagai macam informasi mengenai potensi genetik tanaman, faktor pembatas, metode yang tersedia untuk mengatasi faktor pembatas, kondisi lahan yang dibutuhkan tanaman.
- c. Pemilihan lahan. Syarat untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman bervariasi pada tipe tanaman yang berbeda. Beberapa jenis tanaman mampu beradaptasi untuk tumbuh pada kondisi lingkungan tertentu. Oleh karena itu cuaca dan lingkungan tanah penting untuk kesehatan tanaman (Shokes dan Melouk, 1995). Untuk bawang merah lahan yang sesuai adalah lahan berjenis tanah Aluvial dengan pergiliran tanaman dengan padi.
- d. Pemilihan kultivar tanaman. Menurut Smith dan Simpson (1995) pemilihan kultivar adalah salah satu keputusan penting untuk suksesnya produksi. Untuk bawang merah, sebaiknya pada musim hujan kultivar yang ditanam adalah Tiron, sedangkan pada musim kemarau kultivar Biru atau Pilip.
- e. Pemilihan metode produksi
- f. Pemilihan masukan yang diaplikasikan

2. Pelaksanaan, meliputi:

- a. Penggunaan benih atau bahan tanam yang bebas patogen dan berkualitas tinggi. Menurut Agrios (1997), setiap tanaman tumbuh dengan baik dan memberikan hasil yang banyak jika bahan perbanyakan awal bebas dari patogen atau paling tidak bebas dari patogen yang paling penting. Untuk alasan ini setiap usaha harus dilakukan untuk memperoleh dan menggunakan bahan perbanyakan tanaman yang bebas patogen, meskipun biayanya tentu saja lebih tinggi dibanding bahan perbanyakan tanaman yang kandungan patogennya tidak diketahui. Umbi lapis bawang merah hasil panen yang akan dijadikan sebagai benih sebaiknya diupayakan kebersihannya dan disimpan minimal 4 bulan. Apabila diperlukan, umbi lapis tersebut dapat diperlakukan dengan fungisida sebelum ditanam, untuk mengurangi kemungkinan munculnya penyakit moler.
- b. Pengolahan, sanitasi, dan pemupukan lahan. Penyiapan lahan dimulai dengan pembajakan untuk mengendalikan penyakit dan gulma. Pembalikan tanah dengan kedalaman yang cukup membuat tanah menjadi gembur, bebas gulma, bebas sisa-sisa tanaman serta mempercepat kematian hama dan patogen yang terkandung di dalamnya. Sanitasi tanah juga dapat dilakukan dengan cara rotasi tanaman, fumigasi, solarisasi, dan pengendalian biologis. Pemupukan yang tepat meningkatkan pertumbuhan tanaman sehingga secara langsung atau tidak langsung memberikan dampak pengendalian suatu penyakit tertentu (Cox dan Sholar, 1995 ; Cook, 2000).
- c. Penanaman benih atau bahan tanam secara benar. Pada kegiatan menanam yang perlu diperhatikan adalah masalah waktu tanam dan jarak tanam. Pada musim hujan, air berlebihan, suhu tanah yang tinggi, cuaca yang lembab dan matahari jarang bersinar menyebabkan epidemi penyakit moler pada bawang merah. Jarak tanam mempengaruhi populasi tanaman dan koefisien penggunaan cahaya, juga mempengaruhi kompetisi antar tanaman dalam menggunakan air dan zat hara, dengan

demikian akan mempengaruhi kesehatan tanaman.

- d. Pengairan yang cukup dengan air yang bersih dan berkualitas tinggi.

Menurut Cook (2000), dua hal utama penghalang pada pengairan dengan air yang bersih dan berkualitas tinggi adalah patogen dan garam.

- e. Pengelolaan hama, penyakit, gulma secara terpadu. Pengelolaan hama, penyakit, dan gulma ditujukan untuk mengurangi populasi organisme pengganggu tersebut ke taraf yang tidak merugikan, oleh karena itu harus ditangani secara terus menerus sejak perencanaan (Semangun, 1993). Pada Pengelolaan Kesehatan Tanaman konsep PHT menjadi salah satu pendukung dan harus diaplikasikan karena banyak hama yang diketahui juga berperan sebagai vektor penyakit.

- f. Pemanenan, penanganan, dan pemanenan hasil secara benar. Selain proses produksi itu sendiri, pemanenan, penanganan, dan penyimpanan hasil sangat mempengaruhi kualitas hasil. Sementara, suatu hasil akan diterima konsumen hanya apabila berkualitas baik. Selain dari itu, cara pemanenan yang benar mempengaruhi kondisi lahan untuk pertanaman berikutnya. Sisa- sisa tanaman setelah panen yang dibiarkan tetap berada di lahan, dapat berkembang menjadi sumber inokulum patogen bagi pertanaman berikutnya, apabila mengandung propagul patogen.

3. Evaluasi

Evaluasi langkah-langkah pelaksanaan Pengelolaan Kesehatan Tanaman perlu dilakukan untuk mengetahui apakah kegiatan-kegiatan telah dilaksanakan sesuai dengan yang direncanakan sehingga tujuan mencapai tanaman sehat bebas dari penyakit molar telah diperoleh. Dengan evaluasi kita dapat memperoleh data-data mengenai sejauh mana kegiatan telah dilakukan, mengetahui kesalahan-kesalahan apa yang telah dilakukan, kekurangan-kekurangan apa yang didapat, atau malah kemajuan-kemajuan apa yang diperoleh. Kesemuanya itu dapat dijadikan sebagai pedoman bagi kegiatan pengelolaan tanaman bawang merah di masa yang akan datang.

IX. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di muka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Penyakit moler terdapat di 3 daerah sentra produksi bawang merah yaitu Kabupaten Bantul, Kabupaten Brebes, Kabupaten Nganjuk, dan bersifat epidemik pada musim hujan, namun pada musim kemarau penyakit tersebut bersifat endemik di beberapa wilayah saja.
2. Agihan penyakit moler di lahan mengelompok dengan batas tegas. Hal ini menunjukkan bahwa penyebab penyakitnya merupakan jamur terbawa tanah.
3. Intensitas dan laju infeksi penyakit moler tertinggi menyebabkan hasil umbi lapis terendah pada kultivar Biru, yang ditanam di lahan sawah Nganjuk yang berjenis tanah Vertisol, dan tidak pernah dilakukan pergiliran dengan padi pada musim hujan.
4. Kultivar Tiron merupakan kultivar yang lebih tahan terhadap penyakit moler di berbagai kondisi lahan dan musim dibandingkan kultivar Pilip, Bauji, Biru, Kuning, dan Bima.
5. Populasi *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* tertinggi terdapat di dalam tanah dari lahan sawah Nganjuk yang berjenis tanah Vertisol, dan tidak pernah dilakukan pergiliran dengan padi pada musim hujan.
6. Kenaikan populasi *F. oxysporum* f.sp. *cepae* khususnya pada minggu ke-5 – 7 sejalan dengan meningkatnya intensitas penyakit dan laju infeksi penyakit moler pada minggu ke-5 – 7.
7. Benih bawang merah berupa umbi lapis dapat membawa propagul jamur *F. oxysporum* f.sp. *cepae* penyebab penyakit moler, apabila umbi lapis tersebut membawa sisa-sisa tanah dari lahan, sehingga dapat berperan sebagai sumber penular penyakit moler.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, pembahasan, dan kesimpulan disarankan sebagai berikut.

1. Penanaman kultivar bawang merah sebaiknya disesuaikan dengan musim yang sedang berlangsung. Pada musim hujan sebaiknya jangan menanam kultivar Pilip dan Biru.
2. Penanaman bawang merah di lahan sawah perlu digilir dengan padi, dan lahan untuk pertanaman bawang merah sebaiknya diolah secara intensif terlebih dahulu, agar propagul *F. oxysporum* f.sp. *cepae* dapat berkurang sebelum lahan tersebut digunakan untuk menanam bawang merah.
3. Perlu ada kerjasama antara ahli fitopatologi dan ahli pemulia tanaman untuk mendapatkan lebih banyak kultivar-kultivar yang tahan terhadap penyakit moler di berbagai kondisi lahan dan musim.
4. Petani perlu lebih memperhatikan perubahan kondisi lingkungan khususnya cuaca dengan memanfaatkan informasi ramalan cuaca dari instansi yang berwenang, untuk menentukan waktu tanam bawang merah yang tepat.
5. Pemerintah perlu lebih memasyarakatkan pemanfaatan informasi ramalan cuaca untuk pengelolaan pertanian.
6. Umbi lapis bawang merah hasil panen yang akan dijadikan sebagai benih sebaiknya diupayakan kebersihannya. Apabila diperlukan, umbi lapis tersebut dapat diperlakukan dengan fungisida sebelum ditanam, untuk mengurangi kemungkinan munculnya penyakit moler.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G.N., 1997. *Plant Pathology*. Academic Press. San Diego.
- Allen, S. & D. Nehl., 1997. Soil-Borne Inoculum. *Dalam* J.F. Brown & H.J. Ogle, eds. *Plant Pathogen and Plant Disease* Rockvale Publications. Armidale. 219 – 230.
- Anonim, 2004. *Sertifikasi Benih Bawang Merah*. Direktorat Perbenihan, Direktorat Jenderal Bina Produksi Hortikultura. Jakarta.
- _____, 2005a. *Survei Pertanian. Produksi Tanaman Sayuran dan Buah-Buahan*. Biro Pusat Statistik. Jakarta.
- _____, 2005b. *Statistik Indonesia*. Biro Pusat Statistik. Jakarta.
- _____, 2005c. *Daerah Istimewa Yogyakarta Dalam Angka*. Biro Pusat Statistik, Provinsi DIY. Yogyakarta.
- _____, 2005d. *Kabupaten Nganjuk Dalam Angka*. Biro Pusat Statistik dan Bappeda Kabupaten Nganjuk. Nganjuk.
- _____, 2005e. *Jawa Tengah Dalam Angka*. Biro Pusat Statistik, Provinsi Jawa Tengah. Semarang.
- _____, 2007. Produksi Bawang Merah di Kabupaten Nganjuk. Dinas Informasi dan Komunikasi Pemda Jatim. (On-line).
<http://www.d-infokom-jatim.go.id/news.php?id=1896> diakses 2 Mei 2007.
- Booth, C., 1971. *The Genus Fusarium*. The Eastern Press Limited. London.
- Chakraborty, S. & I. B. Pangga, 2004. Plant Disease and Climate Change. *Dalam* M. Gillings & A. Holmes, eds. *Plant Microbiology*. Bios Scientific Publishers. Abingdon, London. 163 – 180.
- Chalifah, A. 2003. Beragribisnis yang Lestari di Lahan Pasir Pantai.
<http://www.pemda-diy.go.id/berita/mod/fileman/files/BERTANI.pdf> diakses 30 Agustus 2007.
- Cramer, C.S., 2006. *Fusarium Basal Plate Rot*.
<http://www.springerlink.com/content/w67611lw8234680v/> diakses 2 Mei 2007.
- Cook, R. J., 2000. *Advances in Plant Health Management in The Twentieth Century*. Annual Reviews Phytopathology, 2000. 38 : 95-116.

- Cox, F.R. dan J. R. Sholar, 1995. *Site Selection, Land Preparation, and Management of Soil Fertility*. Dalam H.A. Melouk dan F.M. Shokes. *Peanut Health Management*. APS Press. Minnesota. 7- 10
- Curl, E.A., 1982. The Rhizosphere: Relation to Pathogen Behavior and Root Disease. *Plant Disease* 66 (7): 624 – 630.
- Darmawijaya, M.I., 1980. *Klasifikasi Tanah*. Balai Penelitian Teh dan Kina, Gambung. Bandung.
- Duriat, A.S., T.A., Soetrisno, L. Prabaningrum, & R. Sutarya, 1994. *Penerapan Pengendalian Hama Penyakit Terpadu Pada Budidaya Bawang Merah*. Balai Penelitian Hortikultura, Lembang.
- Fehr, W. R., 1987. *Principles of Cultivar Development*. Vol. 1. McMillan Publishing Co. New York.
- Hadisoeganda, W.W., Suryaningsih, & E. Moekasan, 1995. Penyakit dan Hama Bawang Merah. Dalam Anonim. *Teknologi Produksi Bawang Merah*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta. 57 – 73.
- Hartel, P.G., 2005. The Soil Habitat. Dalam D.M. Sylvia, J.J. Fuhrmann, P.G. Hartel, & D.A. Zuberer, eds. *Principles and Applications of Soil Microbiology*. Pearson Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. 26 – 53.
- Havey, M.J., 1995. Fusarium Basal Plate Rot. Dalam Howard F.S. & S. Krishna M, eds. *Compendium of Onion and Garlic Diseases*. APS Press. Minnesota. 10 – 11.
- Hewitt, T. D. dan F.M. Shokes, 1995. *Economics and Impact of Decision Making in Peanut Health Management*. Dalam H.A. Melouk dan F.M. Shokes. *Peanut Health Management*. APS Press. Minnesota. 107-113
- Heyne, K., 1987. *Tumbuhan Berguna Indonesia*. Yayasan Sarana Wana Jaya, Jakarta.
- Jepson, S.B., 2007. Fusarium Rot of Garlic Bulbs.
http://www.bcc.orst.edu/bpp/Plant_Clinic/Garlic/Fusarium.pdf diakses 1 September 2007.
- Joffe, A.Z., 1986, *Fusarium Species : Their Biology and Toxicology*. John Wiley & Sons. New York.
- Kistler, H.C., 1997. Genetic Diversity in the Plant-Pathogenic Fungus *Fusarium oxysporum*. *Phytopathology* 87 (4): 474 – 478.

- Kuniyasu, K., 1984. Fusarium Wilt Disease of Vegetable Crops: Seed Transmission and Control Using Resistant Rootstocks in Japan. *Dalam* J.B.Petersen, ed. *Soilborne Crop Disease in Asia*. Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region. Taipei. 83 – 93.
- Kuruppu, P.U., 1999. First Report of *Fusarium oxysporum* Causing a Leaf Twisting Disease on *Allium cepa* var. *ascalonicum* in Sri Lanka. (On-line). <http://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PDIS.1999.83.7.695C> Diakses 2 Mei 2007.
- Lacy, M., 1982. Yield of Onion Cultivars in Midwestern Organic Soil Infested with *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* and *Pyrenochaeta terrestris*. *Plant Disease* 66: 1003 – 1006.
- Larkin, R.P. & D.R. Fravel, 2002. Effects of Varying Environmental Conditions on Biological Control of Fusarium Wilt of Tomato by Nonpathogenic *Fusarium* spp. *Phytopathology* 92 (11): 1160 – 1166.
- Leslie, J.F. & B.A. Summerell, 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing. Ames, Iowa.
- Metting, F.B., 1993. Structure and Physiological Ecology of Soil Microbial Communities. *Dalam* F.B. Metting, ed. *Soil Microbial Ecology*. Marcel Dekker Inc. New York. 3 – 25.
- Putrasamedja, S. & A. H. Permadi, 2001. Varietas Bawang Merah Unggul Baru Kramat-1, Kramat-2, dan Kuning. *Jurnal Hortikultura* 11 (2):143 – 147(V).
- Rabinowitch, H. D. & J.L. Brewster, 1990. Onions and Allied Crops. Agronomy, Biotic Interaction, Pathology, and Crop Protection. CRC Press. Boca Raton, Florida.
- Rao, N.S.S., 1994. Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Semangun, H., 1993. Konsep dan Asas Dasar Pengelolaan Penyakit Tumbuhan Terpadu. *Prosiding Kongres Nasional XII dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia*. Yogyakarta. 1 – 23.
- _____, 1996. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Shokes, F. M. dan H. A. Melouk, 1995. *Plant Health Management in Peanut Production*. *Dalam* H. A. Melouk dan F. M. Shokes. *Peanut Health Manajemen*. APS Press. Minnesota. 1-6.

- Smith, O. D. dan C. E. Simpson, 1995. *Selection of Peanut Cultivar*. Dalam H.A. Melouk dan F.M. Shokes. *Peanut Health Management*. APS Press. Minnesota. 19-22.
- Suhardi, 1996. Ambang Kerusakan Penyakit sayuran, mungkinkah Diterapkan ? *Prosiding Seminar Ilmiah Nasional Komoditas Sayuran*. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Jakarta. 1021 – 1029.
- Sumarni, N. & E. Sumiati, 1995. Ekologi Bawang Merah. *Dalam* Anonim. *Teknologi Produksi Bawang Merah*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta. 8 – 11.
- _____ & R. Rosliani, 1995. Ekologi Bawang Merah. *Dalam* Anonim. *Teknologi Produksi Bawang Merah*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta. 11 – 12.
- Swift, C.E., Wickliffe, E.R., & Schwartz, H.F., 2002. Vegetative Compatibility Group of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* on Onion in Colorado. *Plant Disease* 86: 606 – 610.
- Wakman, W. 2004. Medium dan Metode Isolasi Jamur *Fusarium* dan Patogen Tular-Tanah Lainnya. *Prosiding Simposium Nasional I Tentang Fusarium*. Purwokerto. 59 – 69.
- Windels, C.E. 1981. *Fusarium*. Dalam P.E. Nelson, T.A. Toussoun, & R.J. Cook, eds. *Fusarium: Disease, Biology, and Taxonomy*. The Pennsylvania State University Press. University Park & London. 115 – 127.
- Wiyatiningsih, S., 2002. *Etiologi Penyakit Moler pada Bawang Merah*. Tesis. Program Studi Fitopatologi, Jurusan Ilmu Pertanian, Pascasarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. Tidak dipublikasikan.
- Wiyono, S., T.S. Yuliani, H. Tri Widodo, E. Toding Tondok, dan B. Setiawan, 1999. Pengembangan Teknologi PHT Bawang Merah Bersama Petani. *Prosiding Kongres Nasional XV dan Seminar Ilmiah PFI*. Purwokerto. 340 – 344.
- Zadoks, J.C. & R.D. Schein, 1979. *Epidemiology and Plant Disease Management*. Oxford University Press. New York.

